

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA
INGENIERÍA CIVIL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERA CIVIL**

TEMA:

**ESTUDIO DE LA VÍA “MULLIGUA – SAN JUAN SILES” UBICADO EN LA
PARROQUIA DE EL CORAZÓN CANTÓN PANGUA PROVINCIA DE
COTOPAXI DE LONGITUD 3.0 KM PARA SU REHABILITACIÓN Y
MEJORAMIENTO.**

AUTOR:

CEPEDA FRIAS PAOLA FERNANDA

TUTOR:

BYRON IVÁN ALTAMIRANO LEÓN

Quito, junio del 2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Cepeda Frias Paola Fernanda, con documento de identificación N° 1724562242, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación titulado: ESTUDIO DE LA VÍA “MULLIGUA – SAN JUAN SILES” UBICADO EN LA PARROQUIA DE EL CORAZÓN CANTÓN PANGUA PROVINCIA DE COTOPAXI DE LONGITUD 3.0 KM PARA SU REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Cepeda Frias Paola Fernanda

1724562242

Quito, Junio del 2019

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación, ESTUDIO DE LA VÍA “MULLIGUA – SAN JUAN SILES” UBICADO EN LA PARROQUIA DE EL CORAZÓN CANTÓN PANGUA PROVINCIA DE COTOPAXI DE LONGITUD 3.0 KM PARA SU REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO, realizado por Cepeda Frías Paola Fernanda, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, Junio del 2019



Byron Iván Altamirano León

Cédula de Identidad: 1709301590

DEDICATORIA

Todo mi esfuerzo se lo dedico a mi Padre Ramiro, por su apoyo, por ser un ejemplo integral de profesional y ser humano, quien me inspira a ser siempre mejor.

A mi Madre Zoila, por ser una mujer excepcional, por guiarme con amor, por cuidarme, acompañarme en todo este trayecto, aconsejarme y ser mi fortaleza en todos los momentos.

A mi hermano Leonel, por su compañía y brindarme siempre su apoyo incondicional.

A mi hermana Alexandra, a pesar de la distancia siempre estar pendiente de mí.

A Diego, por todo su amor, apoyo y acompañarme a cumplir todas mis metas.

AGRADECIMIENTO

A Dios y a la santísima Virgen por bendecirme y cuidarme en cada instante de mi vida.

A mi Padres por todo su amor y apoyo incondicional.

A mis hermanos por su compañía, cariño y por ser un pilar fundamental en mi vida.

A Diego, gracias amor por impulsarme a ser mejor, por todas las risas y todo el amor con el que me llenas cada día.

Al ingeniero Byron Altamirano por su guía en el desarrollo del presente proyecto de titulación.

A mis amigos y amigas por todos los momentos compartidos en las aulas, durante el trayecto de estudios.

ÍNDICE

CAPITULO I.....	1
1 Generalidades	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivos	1
1.2.1 Objetivo general	1
1.2.2 Objetivos específicos.....	1
1.3 Datos Generales Del Proyecto.....	2
1.3.1 Localización y Límites del Proyecto	2
1.3.2 Ubicación Del Proyecto	3
1.4 Descripción de la situación actual de la zona del Proyecto.....	4
1.4.1 Población	4
1.4.2 Salud.....	4
1.4.3 Educación	5
1.4.4 Sistema Económico	6
1.5 Identificación, Descripción y Diagnostico Del Problema	6
CAPITULO II	8
2 Estudio Topográfico	8
2.1 Alcance.....	8
2.2 Equipos Topográficos Utilizados	8
2.3 Actividades realizadas en el levantamiento topográfico.	8
2.3.1 Trabajos de Campo.....	9
2.3.2 Trabajos de Gabinete.....	10
2.4 Descripción De La Planimetría - Altimetría	10
CAPITULO III.....	12
3 Estudio De Tráfico	12
3.1 Alcance.....	12
3.2 Conteo De Tránsito	12
3.2.1 Trabajos de campo	13
3.2.2 Trabajos de Gabinete.....	14
3.3 Determinación Del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).....	15
3.3.1 Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS)	16
3.3.2 Tráfico Promedio Diario Mensual (TPDM).....	16
3.3.3 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)	17
3.4 Proyección del tráfico.....	18
3.4.1 Proyección del Tráfico	19
3.4.2 Clasificación De La Vía Bajo Normativa (MOP 2003)	22
3.5 Cálculo Del Número De Ejes Equivalentes ESALS's	23
EL factor dirección (Fd).....	24
EL factor carril (Fc).	24
CAPITULO IV.....	27
4 Diseño Geométrico.....	27

4.1	Alineamiento Horizontal	27
4.1.1	Velocidad de Diseño y Circulación.....	27
4.1.2	Peralte de la curva	28
4.1.3	Sobre ancho	30
4.1.4	Radio Mínimo de Curvatura.....	31
4.1.5	Distancia de Visibilidad de Parada.....	33
4.1.6	Distancia de Visibilidad de Rebasamiento	34
4.1.7	Secciones de vía a adoptarse	35
4.1.8	Curvas Espirales	37
4.1.9	Curvas Circulares	38
4.1.10	Resultado Obtenidos del Diseño Horizontal	39
4.2	Alineamiento Vertical	41
4.2.1	Curvas Verticales Convexas.....	43
4.2.2	Resultado Obtenidos del Diseño Vertical	44
4.3	Volúmenes - Movimiento de tierra	47
4.4	Curva de Masas	56
CAPITULO V		58
5	Estudio Geológico Geotécnico Vial – Diseño Estructura De Pavimento	58
5.1	Análisis geológico de la zona de estudio	58
5.1.1	Estado Actual y Ubicación del proyecto	58
5.1.2	Tectónica Y Estructura Geológica	59
5.1.3	Amenaza Sísmica	61
5.1.4	Amenaza Volcánica.....	62
5.1.5	Amenaza a Inundaciones.....	63
5.2	Análisis Geotécnico de la subrasante	64
5.2.1	Trabajos de campo – Exploración y Muestreo de Suelos	64
5.2.2	Ensayos de Laboratorio	66
5.2.3	Ensayo CBR y Resultados de La Investigación del Sub suelo	68
5.2.4	Perfiles Estratigráficos	70
5.2.5	Módulo Resiliente De Diseño (Mr).....	72
5.3	Estabilidad de taludes.....	73
5.3.1	Toma de Muestras en los taludes	73
5.3.2	Determinación de los taludes de corte y relleno.....	76
5.3.3	Factor de Seguridad.....	78
5.4	Fuente de Materiales	81
5.4.1	Ubicación de las Minas	81
5.4.2	Resultados de las pruebas de laboratorio (Granulometrías, Abrasión, Sulfatos).	83
5.4.3	Topografía y Volumen de explotación de la Mina.....	89
5.5	Diseño Estructural de la Vía.....	91
5.5.1	TPDA y Carga vehicular de diseño.....	92
5.5.2	Desviación Estándar (So) & Índice De Servicialidad (ΔPsi)	92
5.5.3	Confiabilidad de Diseño (R%) y Desviación Estándar (Z_r).....	93
5.5.4	Capacidad de Drenaje (mi).....	94
5.5.5	Número Estructural Requerido de la Subrasante (SN_T).....	96
5.5.6	Número estructural de la Sub-base (SN_3).....	97
5.5.7	Número estructural de la Base (SN_2)	100
5.5.8	Número estructural concreto Asfáltico	102
5.5.9	Espesores de Pavimento Flexible	103

5.6	Elección Espesores De Diseño – Cálculo De Volúmenes De Obra.....	106
5.6.1	Elección de los espesores finales	106
5.6.2	Volúmenes de Obra.....	107
CAPITULO VI.....		108
6	Diseño hidráulico	108
6.1	Alcance.....	108
6.2	Información básica	108
6.2.1	Cartografía y topografía	108
6.2.2	Tipos Y Uso De Suelo De Las Cuencas De Drenaje	109
6.2.3	Hidrografía	109
6.2.4	Información Hidrometeorológica	110
6.3	Caracterización climática	112
6.3.1	Parámetros Climatológicos	112
6.3.2	Balance Hidrológico.....	119
6.4	Inventario de estructuras de drenaje existentes.	120
6.4.1	Inventario de estructuras de drenaje longitudinales	121
6.4.2	Inventario de estructuras de drenaje transversales	121
6.5	Parámetros de diseño.....	122
6.5.1	Determinación Del Tiempo De Concentración	122
6.5.2	Determinación de la intensidad de lluvia (curvas IDF).....	123
6.5.3	Periodo de retorno	125
6.6	Estudio de cuencas hidrográficas	126
6.6.1	Método Racional	126
6.6.2	Determinación Del Coeficiente De Escorrentía C	126
6.6.3	Determinación de caudales.....	127
6.7	Diseño hidráulico de estructuras de drenaje.....	131
6.7.1	Criterios de diseño de obras de drenaje.....	131
6.7.2	Drenaje longitudinal	132
6.7.3	Drenaje trasversal	137
6.7.4	Drenaje subdrenaje	150
6.7.5	Diseño de muros de contención	151
6.8	Cálculo de volúmenes de obra	164
CAPITULO VII		165
7	Diseño de señalización vial	165
7.1	Normativa utilizada	165
7.2	Señalización vertical	165
7.2.1	Señales Preventivas (Código P)	166
7.2.2	Señales Informativas (Código I).....	167
7.2.3	Señales Regulatorias (Código R)	168
7.2.4	Delineadores De Curva Tipo Chevrone (Código D)	169
7.2.5	Anclajes	172
7.2.6	Guardavías.....	172
7.3	Señalización horizontal	173
7.3.1	Demarcación Longitudinal	174
7.3.2	Tachas Reflectivas.....	174
7.4	Ubicación de la señalización	176

7.5	Cálculo de cantidades	179
CAPITULO VIII		180
8	Estudio de Impacto Ambiental	180
8.1	Introducción	180
8.2	Ficha ambiental	180
8.3	Marco legal referencial.....	182
8.4	Descripción del proyecto.....	183
8.5	Descripción del proceso	184
8.6	Descripción del área de implantación	185
8.6.1	Área de implantación física.....	185
8.6.2	Relieve del área de implantación.....	186
8.6.3	Geomorfología en el área de implantación del estudio	188
8.6.4	Uso del suelo en el área de estudio.....	188
8.6.5	Hidrología en el área de influencia del proyecto.....	189
8.6.6	Área de implantación biótica.....	190
8.7	Área de implantación social	190
8.7.1	Población	190
8.7.2	Infraestructura social	191
8.8	Principales impactos ambientales.....	192
8.9	Plan de manejo ambiental	193
8.9.1	Plan de prevención y mitigación de impacto	193
8.9.2	Plan de manejo de desechos	195
8.9.3	Plan de comunicación, capacitación y educación ambiental.....	196
8.9.4	Plan de relaciones comunitaria.....	197
8.9.5	Plan de rehabilitación	198
8.9.6	Plan de cierre, abandono y entrega del área	199
8.10	Matriz De Leopold	200
8.11	Cronograma valorado de plan de manejo ambiental	204
CAPITULO IX.....		205
9	Análisis Económico Financiero	205
9.1	Determinación de los Beneficios.....	205
9.1.1	Ahorro del Tiempo de viaje	205
9.1.2	Ahorros Costo de Operación Vehicular	206
9.1.3	Costos de Producción	209
9.1.4	Transporte de productos	210
9.1.5	Plusvalía	211
9.2	Costos del proyecto (Egresos).....	213
9.2.1	Costos de Mantenimiento Vial.....	213
9.2.2	Costos construcción del proyecto (Presupuesto).....	214
9.3	Evaluación Económica y Financiera del Proyecto (indicadores financieros).....	215
9.3.1	VAN (Valor Actual Neto)	215
9.3.2	TIR (Tasa Interna de Retorno)	216
9.3.3	Determinación de Beneficio-Costo B/C del proyecto.....	217
CAPITULO X		220

10	Presupuesto.....	220
10.1	Análisis Precios Unitarios (A.P.U.)	223
10.2	Fórmula Polinómica	223
10.3	Cronograma Valorado del Proyecto	224
10.4	Ruta crítica.	229
10.5	Especificaciones Técnicas	230
CAPITULO XI.....		231
11	Conclusiones y recomendaciones.....	231
11.1	Conclusiones	231
11.2	Recomendaciones.....	232
BIBLIORAFÍA		234

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Coordenadas De Ubicación Del Proyecto.....	3
Tabla 2	Población del Cantón Pangua y Zona de influencia del proyecto.....	4
Tabla 3	Distribución Poblacional por Parroquias	4
Tabla 4	Tasa de asistencia a educación.....	5
Tabla 5	Tasa de analfabetismo.....	5
Tabla 6	Puntos GPS (Sistema De Posicionamiento Geográfico) del Proyecto.....	9
Tabla 7	Ubicación Estaciones De Conteo.....	12
Tabla 8	Resumen Del Conteo De La Estación #1	14
Tabla 9	Resumen Del Conteo De La Estación #2.....	15
Tabla 10	Trafico total Existente de las Estaciones de Conteo	15
Tabla 11	Ajuste Del Tráfico Diario Semanal.....	16
Tabla 12	Ajuste Del Tráfico Diario Mensual.....	17
Tabla 13	Estadística De Consumo De Combustible “Provincia Del Cotopaxi”	17
Tabla 14	cálculo Del Factor De Ajuste Mensual	18
Tabla 15	Tráfico Promedio Diario Anual	18
Tabla 16	Tasa De Crecimiento Vehicular del proyecto	19
Tabla 17	Cálculo del Tráfico Proyecto	20
Tabla 18	Proyección Del Tráfico	22
Tabla 19	TPDA Para 10 Y 20 Años.....	22
Tabla 20	Clasificación De La Vía De Acuerdo Al Tráfico.....	23
Tabla 21	Clasificación Funcional De La Vía.....	23
Tabla 22	Factor Dirección del proyecto.....	24
Tabla 23	Factor Carril del proyecto	24
Tabla 24	Ejes Equivalentes para el Año Base.....	25
Tabla 25	Número De Ejes Equivalentes (Esal’ S) - 10 Años	25
Tabla 26	Número De Ejes Equivalentes (Esal ‘S) - 20 Años	26
Tabla 27	Velocidades De Diseño Según Normativa MOP 2003	28
Tabla 28	Longitud de Gradiente	29
Tabla 29	Determinación de la Longitud de Aplanamiento	30
Tabla 30	Determinación de la Longitud de Transición.....	30
Tabla 31	Sobre ancho de Calculado para el proyecto	31
Tabla 32	Radios Mínimos establecidos por cálculo.....	32
Tabla 33	Radios de diseño en función del Peralte (e) Y El Coeficiente De Fricción (f) ..	32
Tabla 34	Valores de diseño de las distancias de visibilidad mínimas para parada de un vehículo.....	34
Tabla 35	Distancia De Rebasamiento según Norma MOP 2003	35
Tabla 36	Anchos De la Calzada según Normativa MOP 2003	35
Tabla 37	Sección típica del Proyecto	36
Tabla 38	Longitud Mínima de Espiral En función de la velocidad y del Radio de Curvatura ...	38
Tabla 39	Cuadro de Curvas Circulares	39
Tabla 40	Valores De Diseño De Las Gradientes Longitudinales Máximas.....	41
Tabla 41	Valores De K Para Las Curvas Verticales Cóncavas.....	42
Tabla 42	Valores De K Para Las Curvas Verticales Convexa.....	43
Tabla 43	Cuadro de Curvas Verticales obtenidas Del Diseño	44
Tabla 44	Volúmenes de corte y relleno.....	49
Tabla 45	Ubicación Del Proyecto	58
Tabla 46	Resumen De Formaciones Geológicas Del Proyecto	60
Tabla 47	Aceleración Máxima en roca “Z” Según zona sísmica.....	62

Tabla 48	Valor de “Z” Según zona el Sector del Proyecto	62
Tabla 49	Distancia aproximada entre Sondeos de suelo	64
Tabla 50	Coordenadas Ubicación Calicatas Muestreo Del Suelo.....	65
Tabla 51	Clasificación Del Suelo De Acuerdo Al Cbr	68
Tabla 52	Resultado de CBR vía Mulligua – San Juan de Siles	69
Tabla 53	Resumen Ensayos Clasificación AASTHO y SUCS	69
Tabla 54	Cálculo CBR de diseño	72
Tabla 55	Resumen De Ubicación Y Resultado De Ensayos Triaxiales De Laboratorio	76
Tabla 56	Determinación de la inclinación de taludes	77
Tabla 57	Determinación De La Altura Máxima De Bermas Para Taludes.....	77
Tabla 58	Cálculo de las Fuerzas de Volcamiento	79
Tabla 59	Cálculo de las Fuerzas Estabilizantes	79
Tabla 60	Cálculo de las Fuerzas de Volcamiento	80
Tabla 61	Cálculo de las Fuerzas Estabilizantes	80
Tabla 62	Principales Características De Las Minas Existentes	81
Tabla 63	Resumen de Ubicación y Distancia De Minas existentes	82
Tabla 64	Resumen resultado de granulometría de La Sub Base	84
Tabla 65	Tipos de Sub-bases	84
Tabla 66	Resultados De Abrasión De La Sub-base	85
Tabla 67	Resumen Ensayo por Sulfatos de la Sub-Base.....	86
Tabla 68	Resumen resultado de granulometría de la Base	86
Tabla 69	Clasificación de Base Clase IV	87
Tabla 70	Resultados De Abrasión De La Base	88
Tabla 71	Resumen Ensayo por Sulfatos de la Base	89
Tabla 72	ESAL’s y TPDA de diseño	92
Tabla 73	Indíces de Serviciabilidad de diseño	93
Tabla 74	Desviación Estándar Total (So)	93
Tabla 75	Nivel De Confiabilidad de Diseño	93
Tabla 76	Valores Normales De Desviación Estándar (Zr).....	94
Tabla 77	Capacidad drenaje para evacuar La Humedad	95
Tabla 78	Estación M-0123 – Resultado Precipitaciones medias Mensuales –Multianuales	95
Tabla 79	Coefficientes De Drenaje Para Tiempos En Función De La Calidad Del Drenaje	96
Tabla 80	Parámetros para obtención del número estructural de la sub-rasante	96
Tabla 81	Parámetros para obtención del número estructural de la sub-base	99
Tabla 82	Parámetros para obtención del número estructural de la Base.....	101
Tabla 83	Control De Calidad De Mezclas Asfálticas	102
Tabla 84	Determinación de los espesores de cálculo periodo de 10 años	104
Tabla 85	Determinación de los espesores de cálculo periodo de 20 años	105
Tabla 86	Espesores Mínimos en función de número de Ejes Equivalentes	105
Tabla 87	Espesores finales para periodo de 10 años.....	106
Tabla 88	Espesores finales para periodo de 20 años.....	106
Tabla 89	Cantidades De Obra – Pavimento Flexible	107
Tabla 90	Estaciones Meteorológicas Seleccionadas	112
Tabla 91	Temperatura medias mensuales (°C)	113
Tabla 92	Humedad Relativa Mensual (%)	113
Tabla 93	Heliofanía.....	114
Tabla 94	Velocidad Del Viento.....	115
Tabla 95	Evaporación	116
Tabla 96	Evapotranspiración Potencial.....	117
Tabla 97	Precipitación.....	118

Tabla 98 Precipitación Anual.....	118
Tabla 99 Balance Hidrológico	120
Tabla 100 Inventario De Estructuras De Drenaje Transversal.....	121
Tabla 101 Tiempo de Concentración de la Cuenca	123
Tabla 102 Intensidades Máximas En 24 Horas Para Varios Períodos De Retorno .	124
Tabla 103 Zonificación De Intensidades	124
Tabla 104 Intensidad-Duración-Frecuencia.....	124
Tabla 105 Intensidad De La Cuenca	127
Tabla 106 Caudal Máximo.....	127
Tabla 107 Coeficiente De Escorrentía Para La Vía	128
Tabla 108 Intensidad de las áreas de aportación	128
Tabla 109 Áreas de cada talud de aportación.....	129
Tabla 110 Caudales Máximos.....	130
Tabla 111 Parámetros hidráulicos en secciones triangulares	133
Tabla 112 Coeficientes De Rugosidad De Manning.....	134
Tabla 113 Cálculos de cunetas.....	135
Tabla 114 Resumen de alcantarillas con control de entrada	147
Tabla 115 Tabla de resumen de diseño de alcantarillas	149
Tabla 116 Ubicación de muros de gravedad	152
Tabla 117 Dimensionamiento del muro	152
Tabla 118 Propiedades físicas del muro a gravedad	153
Tabla 119 valores de valor Z.....	153
Tabla 120 Valor Z en la ubicación del proyecto	154
Tabla 121 Fuerzas estabilizantes.....	154
Tabla 122 Fuerzas actuantes en el muro	154
Tabla 123 determinación de cortantes en la pantalla	156
Tabla 124 Ubicación de los muros a lo largo de la vía	156
Tabla 125 Datos de las dimensiones del muro	157
Tabla 126 Fuerzas estabilizantes.....	158
Tabla 127 Sumatoria de fuerzas actuantes en el muro	158
Tabla 128 Determinación de cortantes en la pantalla	159
Tabla 129 Determinación de momentos en la pantalla	160
Tabla 130 Armadura necesaria.....	160
Tabla 131 Armadura en la pantalla	160
Tabla 132 Cálculo de volúmenes de obra del diseño hidráulico del proyecto.....	164
Tabla 133 Señales Preventivas Dimensión	166
Tabla 134 Señales preventivas utilizadas.....	167
Tabla 135 Señal Informativa Dimensiones	168
Tabla 136 Señal Informativa Dimensiones	168
Tabla 137 Señales Regulatorias Dimensiones	168
Tabla 138 Espaciamiento En Curva Horizontal.....	169
Tabla 139 Dimensiones De Chevrone	169
Tabla 140 Cantidades De Delineadores De Curva.....	170
Tabla 141 Relación Señalización Línea De Separación De Circulación Opuesta Segmentada. ..	174
Tabla 142 Niveles Mínimos De Retro reflexión En pinturas sobre pavimento	175
Tabla 143 Ubicación De La Señalización En El Lado Izquierdo	176
Tabla 144 Ubicación De La Señalización En El Lado Derecho	177
Tabla 145 Resumen De Señalización.....	179
Tabla 146 Cantidades De Señalización.....	179
Tabla 147 Identificación En La Ficha Ambiental	180

Tabla 148 Ficha Ambiental Para La Vía "Mulligua - San Juan Siles"	181
Tabla 149 Marco Legal Ambiental	183
Tabla 150 Descripción Del Proceso De Construcción Y Los Impactos Potenciales	184
Tabla 151 Acceso De Agua A Los Hogares En La Cantón Pangua	191
Tabla 152 Conexión Con Agua Tratada A Hogares En El Cantón Pangua	191
Tabla 153 Principales Impactos Ambientales En El Proyecto Vial	192
Tabla 154 Programa De Prevención Y Mitigación Del Impacto Ambiental	193
Tabla 155 Programa De Manejo De Desechos Sólidos	195
Tabla 156 Programa De Comunicación, Capacitación Y Educación Ambiental.....	196
Tabla 157 Programa De Relaciones Comunitarias En El Actual Proyecto	197
Tabla 158 Programa De Rehabilitación De Áreas Afectadas En El Actual Proyecto	198
Tabla 159 Programa De Cierre, Abandono Y Entrega Del Área De Implantación Del Proyecto	199
Tabla 160 Valores De Riesgo De Impacto Ambiental.....	201
TABLA 161 Calificación de los Impactos Ambientales.....	202
Tabla 162 Rangos De Comparación Para Niveles De Magnitud E Importancia	202
Tabla 163 Matriz De Leopold Para El Actual Proyecto Vial.....	203
Tabla 164 Cronograma Resultante Del Plan De Manejo Ambiental	204
Tabla 165 Ahorro De Tiempo De Viaje.....	206
Tabla 166 Consumo Combustible Antes Del Proyecto	206
Tabla 167 Consumo Combustible Después Del Proyecto	206
Tabla 168 Consumo Lubricantes Antes Del Proyecto	207
Tabla 169 Consumo Lubricantes Después Del Proyecto	207
Tabla 170 Consumo Neumáticos Antes Del Proyecto	208
Tabla 171 Consumo Neumáticos Después Del Proyecto.....	208
Tabla 172 Consumo Amortiguación Antes Del Proyecto.....	208
Tabla 173 Consumo Amortiguación Después Del Proyecto.....	209
Tabla 174 Consumo Sistema De Frenos Antes Del Proyecto.....	209
Tabla 175 Consumo Sistema De Frenos Después Del Proyecto.....	209
Tabla 176 Costo De Producción Antes Del Proyecto	210
Tabla 177 Costo De Producción Después Del Proyecto.....	210
Tabla 178 Costo Transporte De Productos Antes Del Proyecto	210
Tabla 179 Costo Transporte De Productos Después Del Proyecto.....	210
Tabla 180 Plusvalía De Tierra Antes Del Proyecto	211
Tabla 181 Plusvalía De Tierra Después Del Proyecto	211
Tabla 182 Beneficios Durante El Primer Año De Operación Del Proyecto	212
Tabla 183 Obtención De Los Beneficios A Lo Largo De Los 20 Años	212
Tabla 184 Primer Año De Operación – Mantenimiento Vial	213
Tabla 185 Segundo Año De Operación – Mantenimiento Vial	213
Tabla 186 Sexto Año De Operación – Mantenimiento Vial	213
Tabla 187 Décimo Año De Operación – Mantenimiento Vial	214
Tabla 188 Costo De Mantenimiento Vial	214
Tabla 189 Síntesis Del Presupuesto Vial De Construcción	214
Tabla 190 Determinación Del Van Del Proyecto	216
Tabla 191 Determinación Del Tir Del Proyecto	217
Tabla 192 Obtención Del Beneficio / Costo Del Proyecto	218
Tabla 193 Presupuesto Del Proyecto Vial	221
Tabla 194 Formula Polinómica Para El Reajuste De Precios Del Actual Proyecto Vial ..	223

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Ubicación del Proyecto	3
Gráfico 2 Ubicación Puntos GPS – IGM Base El Corazón	9
Gráfico 3 Trabajos de Gabinete - Información digital del Terreno	10
Gráfico 4 Planimetría De La Vía Mulligua – San Juan Siles (Faja Topográfica).....	11
Gráfico 5 Pendientes Longitudinales De La Vía De Estudio.....	11
Gráfico 6 Estaciones Para Los conteos Automáticos.....	13
Gráfico 7 Clasificación Vehicular Del Proyecto – Tabla De Pesos Nacional	14
Gráfico 8 Composición Del Tráfico.....	15
Gráfico 9 Rutas Existentes En El Sector Del Proyecto.....	20
Gráfico 10 Transición Del Peralte Dentro De Una Curva	30
Gráfico 11 Sobre ancho de la curva	31
Gráfico 12 Esquema sección del Proyecto.....	36
Gráfico 13 Partes De Una Curva Espiral	38
Gráfico 14 Descripción De Los Elementos De Una Curva Circular	39
Gráfico 15 Botadero el Corazón – botadero del proyecto.....	56
Gráfico 16 Curva De Masas De La Vía En Estudio.....	57
Gráfico 17 Geología a lo Largo De La Vía De Estudio.....	59
Gráfico 18 Perfil Geológico A Lo Largo de la Vía De Estadio ABSC. 0+00 – 2+846.533	61
Gráfico 19 Amenaza Sísmica del Proyecto.....	61
Gráfico 20 Mapa De Amenaza Volcánica	63
Gráfico 21 Amenaza a Inundaciones	63
Gráfico 22 Ubicación Calicatas De Muestreo Del Suelo.....	65
Gráfico 23 Perfil Estratigráfico Clasificación AASHTO	71
Gráfico 24 Perfil Estratigráfico Clasificación SUCS.....	71
Gráfico 25 Obtención del CBR de Diseño	72
Gráfico 26 Ubicación Toma De Muestras De Taludes	74
Gráfico 27 Resultado Ensayo Triaxial # 1 Absc 1+220.....	75
Gráfico 28 Resultado Ensayo Triaxial # 1 Absc 1+770.....	75
Gráfico 29 Método De Las Dovelas Absc. 1+220	79
Gráfico 30 Método De Las Dovelas Absc. 1+770	80
Gráfico 31 Ubicación Minas Existentes.....	82
Gráfico 32 Curva Originada De La Granulometría De La Sub-Base	84
Gráfico 33 CBR obtenido para la Sub - Base	85
Gráfico 34 Curva Originada De La Granulometría De La Sub-Base	87
Gráfico 35 CBR obtenido para la Base	88
Gráfico 36 Mina La Ercilla – Fuente de Materiales.....	89
Gráfico 37 Levantamiento Topografico De La Mina La Ercilla.....	90
Gráfico 38 Modelo estimado de Extracción de Volúmenes de Material	90
Gráfico 39 Obtención de Volúmenes de la Modelación	90
Gráfico 40 Número Estructural Para 10 Años – Sub- Rasante	97
Gráfico 41 Número Estructural Para 20 Años – Sub- Rasante	97
Gráfico 42 Número Estructural Para 10 Años – Sub- base.....	99
Gráfico 43 Número Estructural Para 20 Años – Sub- base.....	99
Gráfico 44 Número Estructural Para 10 Años – Base.....	101
Gráfico 45 Número Estructural Para 20 Años – Base.....	101
Gráfico 46 Números estructurales para periodo de 10 años	104
Gráfico 47 Números estructurales para periodo de 20 años	104

Gráfico 48 Espesor De Pavimento – a lo largo de la vía de diseño	107
Gráfico 49 Sección Típica a lo largo de la vía Mulligua – San Juan Siles	107
Gráfico 50 Uso De Suelos a lo largo de la vía “Mulligua – San Juan Siles”	109
Gráfico 51 Hidrografía a lo largo del proyecto	110
Gráfico 52 Zonificación De Las Intensidades De La Demarcación Del Guayas.....	111
Gráfico 53 Temperatura Media	113
Gráfico 54 Humedad Relativa Media	114
Gráfico 55 Heliofanía Media	114
Gráfico 56 Velocidad El Viento Media	115
Gráfico 57 Evaporación	116
Gráfico 58 Evaporación Potencial	117
Gráfico 59 Precipitación Media Mensual	118
Gráfico 60 Precipitación Anual.....	119
Gráfico 61 Balance Hidrológico	120
Gráfico 62 Alcantarillas Existentes.....	122
Gráfico 63 Curvas IdF de la estación PICHILINGUE	125
Gráfico 64 Cuenca de aportación a lo largo del proyecto	128
Gráfico 65 Áreas De Aportación a lo largo del proyecto.....	129
Gráfico 66 Diseño de Cuneta	133
Gráfico 67 Cuneta óptima	137
Gráfico 68 Diseño de alcantarilla de ducto cajón Abscisa 0+380	138
Gráfico 69 Caudal vs Calado en la abscisa 0+380.....	139
Gráfico 70 Diseño de alcantarilla circular Abscisa 0 + 572.6040	139
Gráfico 71 Caudal vs Calado y Caudal vs Velocidad	140
Gráfico 72 Diseño de alcantarilla circular Abscisa 1 + 572.6040	140
Gráfico 73 Caudal vs Calado y Caudal vs Velocidad	141
Gráfico 74 Diseño de alcantarilla circular Abscisa 1 + 931,777	141
Gráfico 75 Caudal vs Calado y Caudal vs Velocidad	142
Gráfico 76 Diseño de alcantarilla circular Abscisa 2 + 070,683	142
Gráfico 77 Caudal vs Calado y Caudal vs Velocidad	143
Gráfico 78 Diseño de alcantarilla circular Abscisa 2 + 202.084	143
Gráfico 79 Caudal vs Calado y Caudal vs Velocidad	144
Gráfico 80 Diseño de alcantarilla circular Abscisa 2 + 584.775	144
Gráfico 81 Caudal vs Calado y Caudal vs Velocidad	145
Gráfico 82 Diseño de alcantarilla circular Abscisa 2 + 808.818	145
Gráfico 83 Caudal vs Calado y Caudal vs Velocidad	146
Gráfico 84 Sección de alcantarilla parcialmente llena	147
Gráfico 85 Muro De Cabecera Tipo T1 Cajón.....	150
Gráfico 86 Diseño de subdren en el proyecto actual.....	151
Gráfico 87 Dimensionamiento del muro.....	152
Gráfico 88 Pesos de las partes geométricas del muro	154
Gráfico 89 Dimensionamiento del muro.....	154
Gráfico 90 Dimensionamiento del muro.....	157
Gráfico 91 Pesos de las partes geométricas del muro	158
Gráfico 92 Dimensionamiento del muro.....	158
Gráfico 93 Diagrama en la cimentación del muro	161
Gráfico 94 diagrama en dedo de la cimentación.....	161
Gráfico 95 Diagrama de talón en la cimentación.....	162
Gráfico 96 Mapa Climático Del Cantón Pangua.....	186
Gráfico 97 Mapa De Relieve Del Cantón Pangua	187

Gráfico 98 Mapa De Uso De Suelos En El Área De Influencia Del Proyecto	189
Gráfico 99 Hidrología Del Área De Estudio.....	190
Gráfico 100 Cronograma Valorado del proyecto.....	225
Gráfico 101 Ruta Crítica Proyecto Vial “Mulligua – San Juan Siles”.....	229

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Límites Del La Vía De Estudio.....	3
Ilustración 2 Estadísticas Vehiculares Provincia De Cotopaxi.....	21
Ilustración 3 Ábaco Para La Determinación Del Coeficiente Estructural Y Módulo Resiliente Para La Sub-Base	98
Ilustración 4 Ábaco Para La Determinación Del Coeficiente Estructural Y Módulo Resiliente Para La Base.....	100
Ilustración 5 Coeficiente Estructural Para Carpeta Asfáltica.....	103
Ilustración 6 Señales Regulatorias Utilizadas	169
Ilustración 7 Ubicación De Chevrones	170
Ilustración 8 Orientación De Las Señales Verticales	172
Ilustración 9 Detalle Anclaje De Señalización Vertical.....	172
Ilustración 10 Barandal doble Sin Separador.....	173
Ilustración 11 Demarcadores	175
Ilustración 12 . Ángulos De Iluminación Y Observación.....	175

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo No 1: Monografía de punto de control Geodésico.
- Anexo No 2: Puntos Levantamiento Topográfico.
- Anexo No 3: Faja topográfica de la vía en estudio.
- Anexo No 4: Conteos manuales clasificados.
- Anexo No 5: Planos De Diseño Vial
- Anexo No 6: Secciones Transversales del Diseño Vial
- Anexo No 7: Ensayos de Laboratorio CBR del suelo
- Anexo No 8: Ensayos Triaxiales de Laboratorio
- Anexo No 9: Ensayos de Laboratorio de La Mina La Ercilla Granulometrías – CBR- Abrasiones y Prueba por Sulfatos.
- Anexo No10: Datos mensuales estaciones meteorológicas
- Anexo No11: Zonificación de intensidades de la demarcación del Guayas y mapas de intensidades máximas en 24 horas con un periodo de retorno de 25 y 50 años.
- Anexo No12: Tabla de coeficientes de escorrentía “C” establecidos por MTOP
- Anexo No 13: Planos De Drenaje Vial
- Anexo No14: Planos de diseño muros
- Anexo No 15: Planos de señalización vial.
- Anexo No16: Costos de Mantenimiento Vial – Análisis de precios unitarios (APU).
- Anexo No17: Presupuesto vial – Análisis de precios unitarios (APU).
- Anexo No18: Cronograma Valorado del Proyecto
- Anexo No19: Especificaciones Técnicas del Proyecto

RESUMEN

El actual proyecto vial se desarrolla en una longitud de 2.86 km con el objetivo de mejorar y rehabilitar la vía “Mulligua – San Juan Siles”; bajo la necesidad de activar el desarrollo e integración social de las condiciones actuales de vida de los pobladores del cantón de Pangua.

Con el motivo de solucionar esta necesidad se procede a realizar los correspondientes estudios descritos en el presente proyecto, en los que se incluye los trabajos de campo.

Iniciando con el estudio topográfico en el cual se obtuvo como resultado una faja de puntos en coordenadas y altura enlazados a placas del I.G.M; continuando con el estudio de tráfico y geométrico, obteniendo valores de cargas vehiculares para afinar en la medida de lo posible bajo normas vigentes las curvas verticales y horizontales existentes, que permita la circulación segura de los vehículos tanto livianos como pesados y el diseño de la estructura del pavimento.

Además se cuenta con un estudio hidrológico – hidráulico y de señalización, los cuales nos permitirán mejorar las condiciones de seguridad vial y mantener la vida útil de la estructura a través de la evacuación adecuada del agua de lluvia que cae sobre la calzada.

Y por último se obtuvo un estudio ambiental y económico – financiero, definiendo los impactos ambientales que tendrá la futura construcción del proyecto y estableciendo los respectivos indicadores como son el VAN, el TIR y el costo beneficio.

Palabras clave: Alcantarillas, camino de montaña, carreteras, camino de montaña, cunetas, impacto ambiental, mop, muros, cunetas, rehabilitación vial, impacto ambiental.

ABSTRACT

The current road project has a length of 2.86 km with the aim of improving and rehabilitating the road "Mulligua - San Juan Siles"; under the need to activate the development and social integration of the current living conditions of the inhabitants of the canton of Pangua.

With the purpose of solving this need, the corresponding studies described in the present project are carried out, in which the field works are included.

Starting with the topographic study in which a strip of points in coordinates and height linked to plates of the I.G.M was obtained as a result; continuing with the study of traffic and geometry, obtaining values of vehicle loads to refine as much as possible under current regulations existing vertical and horizontal curves, allowing the safe circulation of both light and heavy vehicles and the design of the structure of the pavement.

There is also a hydrological - hydraulic study and signaling, which will allow us to improve road safety conditions and maintain the useful life of the structure through the proper evacuation of rainwater that falls on the road.

And finally, an environmental and economic - financial study was obtained, defining the environmental impacts that the future construction of the project will have and establishing the respective indicators such as the TIR, the VAN and the cost benefit.

Keywords: Culverts, environmental impact roads, ditches, mountain road, road rehabilitation, mop, walls, culverts.

INTRODUCCIÓN

El actual proyecto se realiza bajo la necesidad de activar el desarrollo e integración social y económico de las condiciones actuales de vida de los pobladores de la parroquia de El corazón, cantón de Pangua, provincia de Cotopaxi, mediante el mejoramiento y rehabilitación de la vía “Mulligua – San Juan Siles”; para dar un acceso más ágil, rápido y seguro al tráfico vehicular especialmente en épocas lluviosas.

Debido que el actual proyecto se encuentra en un terreno extremadamente montañoso se prevé afinar en la medida de lo posible las curvas verticales y horizontales existentes, unificar el ancho de vía, mejorar la capa de rodadura existente, implementar señalización vertical y horizontal, diseñar las cunetas y alcantarillas que garanticen llegar la vida útil del proyecto.

Se procede a realizar los estudios para mejorar el estado actual de la Vía “Mulligua – San Juan Siles”, buscando solo una alternativa óptima para restablecer de una forma integral el trayecto.

CAPITULO I

1 Generalidades

1.1 Antecedentes

El presente estudio se realiza bajo la necesidad de activar el desarrollo e integración social de las condiciones actuales de vida de los pobladores del cantón de Pangua, mediante el mejoramiento y rehabilitación de la vía “Mulligua – San Juan Siles”; por lo cual, la elaboración del presente proyecto permitirá en donde sea posible optimizar las características técnicas existentes y de esta manera tratar de dar un acceso más ágil, rápido y seguro al tráfico vehicular especialmente en épocas lluviosas.

Debido a la topografía extremadamente montañosa se prevé afinar en la medida de lo posible las curvas verticales y horizontales existentes, unificar el ancho de vía, mejorar la capa de rodadura existente, implementar señalización vertical y horizontal, mejorar el sistemas de drenaje (cunetas-alcantarillas) medidas que garanticen llegar al final de la vida útil del proyecto.

Por todas estas razones el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Pangua, con el motivo de solucionar esta necesidad procede a realizar los estudios para mejorar el estado actual de la Vía “Mulligua – San Juan Siles”, buscando solo una alternativa óptima para restablecer de una forma integral el trayecto de la vía antes mencionada.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Establecer la viabilidad Técnico - Económica, mediante la rehabilitación y posible mejoramiento del “Camino Vecinal: Mulligua – San Juan Siles”

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar el estudio topográfico de la vía.
- Analizar el tráfico existente de la vía.
- Realizar el diseño de la estructura en Pavimento Flexible
- Elaborar el diseño hidráulico de las obras de arte menor.
- Realizar el estudio de señalética del proyecto.
- Realizar la Evaluación de Impacto Ambiental
- Elaborar el análisis Técnico – Económico
- Determinar los volúmenes y tiempos de obra que permitan realizar el correspondiente cronograma.
- Determinar valores de trabajo, presupuesto, análisis de precios unitarios, especificaciones técnicas y planos respectivos.

1.3 Datos Generales Del Proyecto

1.3.1 Localización y Límites del Proyecto

Provincia:	Cotopaxi
Cantón:	Pangua
Parroquia:	El Corazón

Límites del cantón:

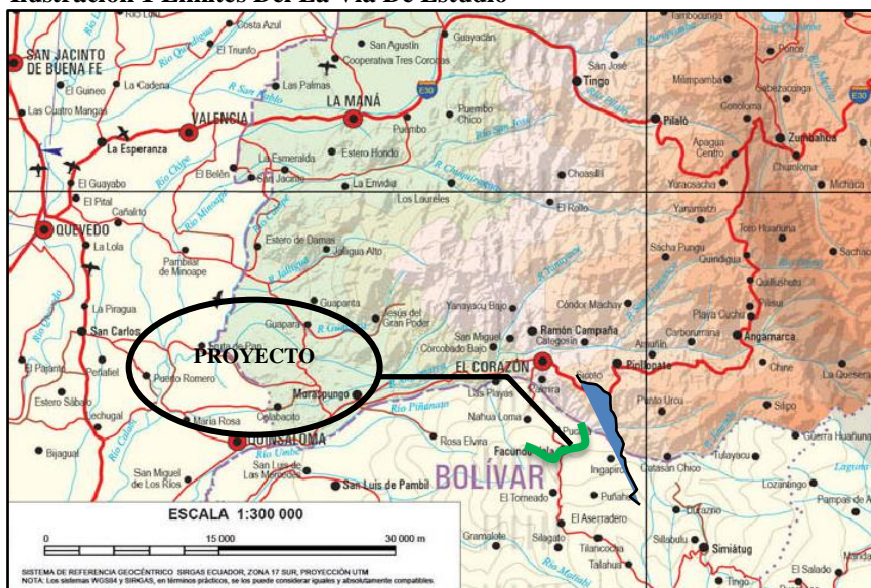
Norte: Pujilí – La Mana

Sur: Guaranda - La Maná

Este: Pujilí

Oeste: Quinsaloma

Ilustración 1 Límites Del La Vía De Estudio



Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Pangua, 2018

1.3.2 Ubicación Del Proyecto

La vía que corresponde al presente estudio se encuentra ubicado en la Provincia de Cotopaxi, en el cantón Pangua, en la parroquia El corazón. El proyecto se localiza entre las siguientes coordenadas UTM WGS84 ZONA 17S.

Tabla 1 Coordenadas De Ubicación Del Proyecto

Inicio Vía Poblado Mulligua			Fin Vía Poblado San Juan Siles		
Este (m)	Norte (m)	Elevación (m.s.n.m)	Este (m)	Norte (m)	Elevación (m.s.n.m)
714243.640	9874541.770	1555.410	715266.160	9875039.110	1320.470

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Gráfico 1 Ubicación del Proyecto



Fuente: Google Earth, 2019

1.4 Descripción de la situación actual de la zona del Proyecto

1.4.1 Población

Conforme a los datos del censo de población y vivienda 2010 del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC en la parroquia del Corazón existen 1994 habitantes y su índice de crecimiento poblacional en el periodo 2001-2010 es del 0.97%. (PANGUA, 2018)

Tabla 2 Población del Cantón Pangua y Zona de influencia del proyecto

Descripción	Población Provincia Cotopaxi	Población Cantón Pangua	Población Área Influencia Parroquia el Corazón	%
Urbana	120970	1649		
Rural	288235	20316	1994	100
Hombres	198625	11340		
Mujeres	210580	10625		
Total	409205	21965	1994	100

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Pangua, 2018

La siguiente tabla muestra que en el cantón Pangua la mayor parte de la población está concentrada en la parroquia Moraspungo y en menor porcentaje en la parroquia del Corazón, sitio donde se encuentra ubicado el proyecto.

Tabla 3 Distribución Poblacional por Parroquias

Parroquia	Población	Porcentaje
El corazón	1994	9.08%
Moraspungo	18941	86.23%
Pinllopata	1030	4.68%
TOTAL	21965	100%

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Pangua, 2018

1.4.2 Salud

El cantón Pangua dispone de un Hospital Básico, cinco centros y Sub-centro de salud, dos puestos de salud del Ministerio de Salud Pública y 3 Sub-centros de Salud del Seguro Social Campesino, que dan atención permanente tanto en la zona urbana como rural del Cantón. (PANGUA, 2018).

A través de los datos obtenidos por moradores de las diferentes comunidades se concluye que hay una deficiencia tanto en el personal médico como en atención hospitalaria ya que se dispone un medico por cada 879 habitantes y una cama para hospitalización por cada 1464 habitantes. (PANGUA, 2018)

1.4.3 Educación

La tasa de asistencia en los niveles básicos, primaria, y secundaria son altos con relación al nivel de instrucción superior, ya que pocos son los jóvenes que acceden a las universidades por que representa gastos altos a sus familias por arriendo de departamentos y pasajes en las ciudades de Quito, Ambato y Latacunga que son los destinos de los estudiantes, porque en el cantón Pangua no se dispone de centros universitarios. (PANGUA, 2018)

Tabla 4 Tasa de asistencia a educación

Parroquia	Educación básica	Primaria	Secundaria	Superior
El corazón	93.30%	94.85%	60%	9.3%
Moraspungo	87.81%	92.69%	57%	7.2%
Pinllopata	91.00%	95.18%	56%	2.9%

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Pangua, 2018

Según datos del Censo de Población y Vivienda del 2010, en la parroquia el corazón la tasa de analfabetismo es de 23,38%, en la parroquia Moraspungo es de 10,50%; en la Parroquia Pinllopata es de 23,67%, estos datos nos indican que las parroquias con mayor índice de analfabetismo, son aquellas que se encuentran en los sectores más alejados, con vías de acceso en mal estado, y con mayor población indígena.

Tabla 5 Tasa de analfabetismo

Parroquia	Población	Tasa de analfabetismo
El corazón	6 565	20.38%
Moraspungo	12 376	10.50%
Pinllopata	1 030	23.67%

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Pangua, 2018

1.4.4 Sistema Económico

La agricultura y el procesamiento artesanal de la caña de azúcar para obtener básicamente aguardiente es la actividad económica más importante para el área de influencia. Además se cuenta con un sistema de producción ganadera a campo abierto, en donde la crianza de animales tiene importancia desde el punto de vista del consumo familiar e ingresos inmediatos. (PANGUA, 2018)

Como actividades complementarias a la economía de las comunidades del área de influencia está el aprovechamiento forestal que es realizado de una forma artesanal, que consiste en el corte del árbol tableado con motosierra que luego es dado para uso en construcción o para combustión con fines domésticos, sin tener ningún plan de forestación vigente. (PANGUA, 2018)

1.5 Identificación, Descripción y Diagnostico Del Problema

Actualmente la vía se desarrollará con características de un camino vecinal en donde diariamente circulan tanto vehículos livianos (de uso personal, y de alquiler) como vehículos pesados (transporte y comercio). Con una longitud aproximada de 3 km el proyecto se encuentra ubicado en una zona montañosa con un ancho promedio de sección transversal de 4.5m, además cuenta con curvas horizontales de radios de giro menores a 20m y en los tramos más complejos radios de 6 a 7m, lo que provoca que la velocidad promedio sea de 10 KPH. La calzada debido a las condiciones climáticas y por la falta de mantenimiento presenta baches en todo el trayecto, por otra parte el ancho irregular de la vía en algunos tramos no permite la circulación en dos sentidos de los vehículos, en consecuencia las condiciones inadecuadas de la vía no permite un servicio de calidad a los habitantes de la zona.

Fotografía 1 Estado Actual De La Vía En Estudio



Fuente: Paola Cepeda, 2019

CAPITULO II

2 Estudio Topográfico

2.1 Alcance

Para el presente estudio la información topográfica levantada en campo se la procesará de tal forma que se cuente con información tanto horizontal como vertical y que posteriormente se la representará gráficamente a una escala determinada; de esta manera, con la información que brinda la topografía se podrá realizar la rehabilitación y mejoramiento de la vía mediante un trazado geométrico afinado en la medida de lo posible a las curvas verticales y horizontales existentes que permita la circulación segura de los vehículos tanto livianos como pesados.

2.2 Equipos Topográficos Utilizados

El levantamiento topográfico se lo realizó mediante la utilización de los siguientes equipos topográficos:

- Un par de antenas diferenciales doble frecuencia GPS marca LEICA DE recepción GS15 de precisión: estático de 3mm+0.5ppm.
- Una estación total marca Berger CST 202-205, precisión 5 segundos
- 2 prismas con sus respectivas bastones
- 4 radios Motorola.

2.3 Actividades realizadas en el levantamiento topográfico.

El levantamiento topográfico se inicia en campo y finaliza con el trabajo realizado en la oficina (trabajos de gabinete), los mismos que deben mantener coherencia y una relación concatenada - lógica.

2.3.1 Trabajos de Campo

Se inician los trabajos de campo mediante la colocación de hitos (GPS) de hormigón con varilla centrada cuyas coordenadas se encuentran enlazadas al GPS base establecido por el IGM (Instituto Geográfico Militar) siendo esta la PLACA IGM el Corazón (Guapara) cuyas coordenadas son N= 9874376.00 E=713592.00 Z= 171.013 m.s.n.m Datum UTM WGS84 ZONA 17S; estos hitos a la vez forman un Polígono de Control Horizontal y Vertical, puntos muy importantes para realizar el levantamiento topográfico, futuro replanteo y construcción de la vía. En la siguiente tabla se detalla los puntos GPS colocados en el proyecto.

ANEXO N° 1: Monografía de punto de control Geodésico.

Tabla 6 Puntos GPS (Sistema De Posicionamiento Geográfico) del Proyecto

Descripción	Norte	Este	Elevación
GPS#1	9874679.227	713999.083	1576.953
GPS#2	9874657.830	714033.745	1581.656
GPS#3	9874670.486	714511.064	1435.719
GPS#4	9874670.800	714527.983	1433.559
GPS#5	9875015.542	715273.752	1321.439
GPS#6	9875042.615	715264.259	1320.708

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Gráfico 2 Ubicación Puntos GPS – IGM Base El Corazón



Fuente: Paola Cepeda, 2019

Establecidos estos puntos de control se procede a realizar la toma de información de todos los accidentes geográficos existentes a lo largo de la vía de estudio mediante el

método taquimétrico con mallas de puntos radiales separados cada 20.00 metros y a menor distancia en los sitios de detalle como son: postes, alcantarillas existentes, canales, cunetas, casas etc. cada uno de estos puntos en coordenadas norte, este, cota y con su respectiva descripción y con un ancho de faja topográfica de 40.00 m a cada lado

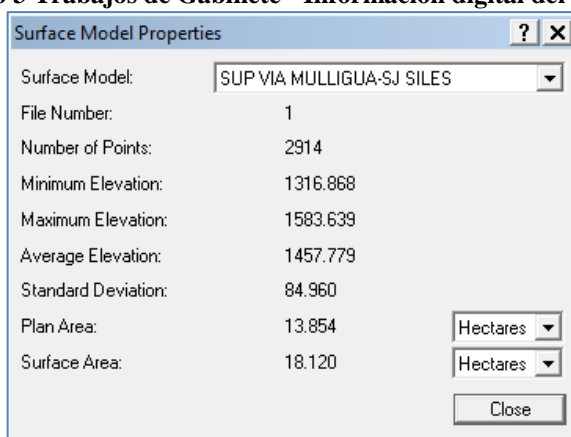
2.3.2 Trabajos de Gabinete

Una vez realizado el levantamiento en campo realizó el siguiente procedimiento:

- Importar los datos desde la estación total formato *.sdr (*Sokkia Data Row*)
- Transformación de los datos descargados en formato csv.
- Importación de datos al AutoCAD respaldado por el programa *CIVIL CAD 3D VERSIÓN 2013*.

Ejecutado los parámetros anteriores se generó un dibujo tridimensional con curvas de nivel cada un metro (1 m), obteniendo un total de 2914 puntos de detalle cada uno con su respectiva cota y coordenadas en norte y este. **ANEXO N° 2: Puntos Levantamiento Topográfico.**

Gráfico 3 Trabajos de Gabinete - Información digital del Terreno



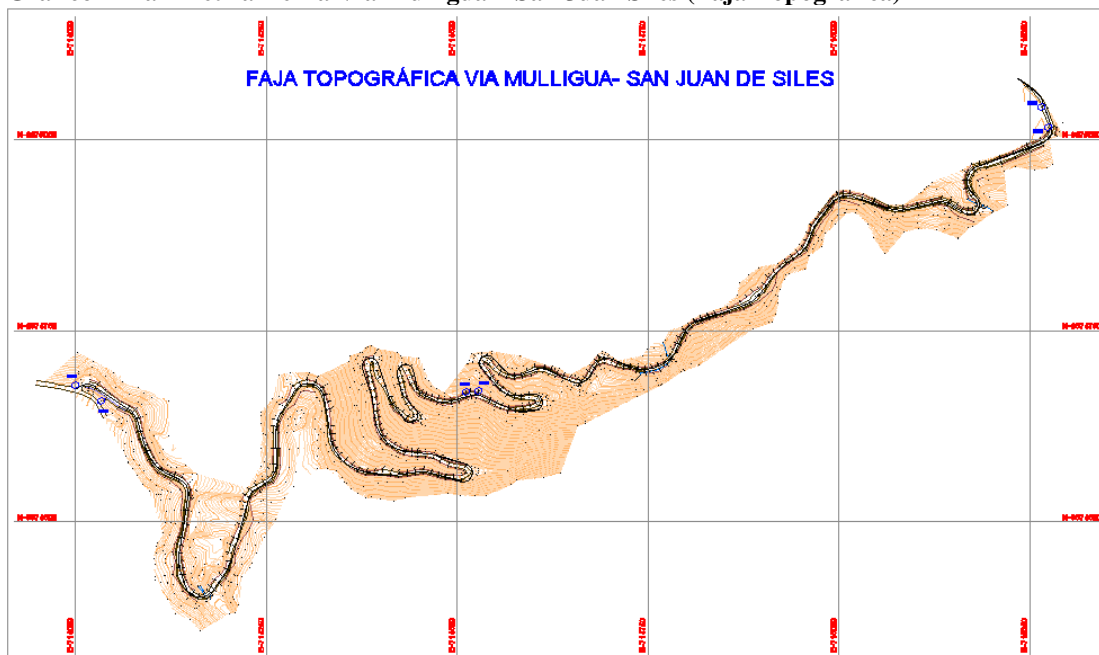
Fuente: AutoCAD Civil 3D V13, 2019

2.4 Descripción De La Planimetría - Altimetría

El modelo digital obtenido genera un total de 2914 puntos topográficos los cuales generan una superficie de 13.85 ha representada en una faja topográfica.

ANEXO N° 3: faja topográfica de la vía en estudio.

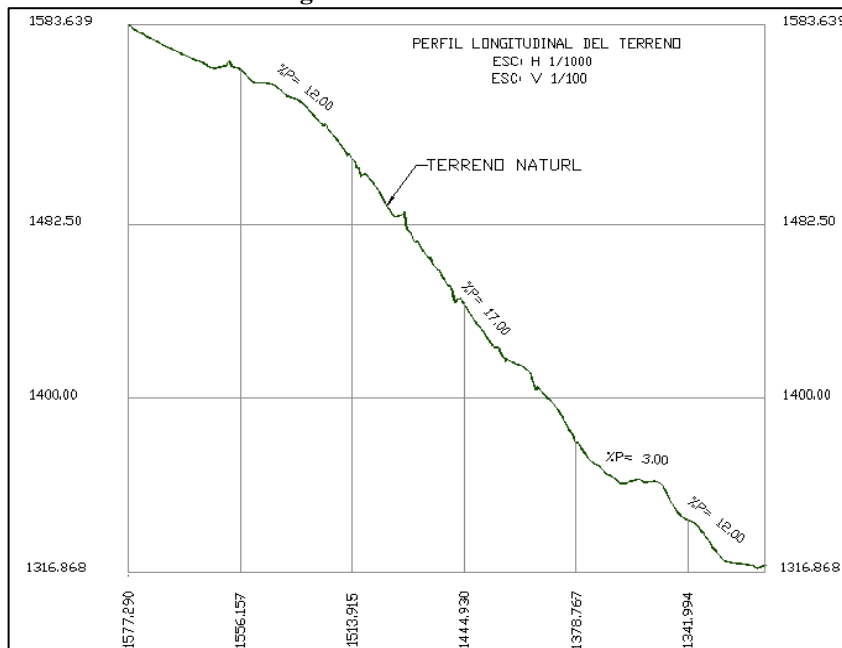
Gráfico 4 Planimetría De La Vía Mulligua – San Juan Siles (Faja Topográfica)



Fuente: Paola Cepeda, 2019

Con la información procesada se obtiene que la vía en estudio se desarrolla una topografía del tipo montañosa a escarpada con pendientes naturales del 12 al 17%, una pendiente transversal en su mayor parte de más del 20% y con una altitud mínima de 1316.868 m.s.n.m. a una máxima de 1583.639 m.s.n.m.

Gráfico 5 Pendientes Longitudinales De La Vía De Estudio



Fuente: Paola Cepeda, 2019

CAPITULO III

3 Estudio De Tráfico

3.1 Alcance

El presente estudio de tráfico permitirá analizar la información existente en la vía de volúmenes y tipos de vehículos que actualmente transitan por esta, estos valores serán proyectados para un periodo de tiempo de 10 y 20 años, lo que nos dará como resultado el tráfico promedio diario anual permitiéndonos clasificar a la vía acorde a la norma actual vigente de Diseño Geométrico de Carreteras MOP - 2003.

Una vez obtenida la proyección del volumen de tráfico transformaremos estos valores a un número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas ESALS'S (Equivalent Simple Axial Load) para identificar la carga vehicular a la cual será sometido el proyecto y de esta manera permitir el diseño de la vía con respecto a la estructura de pavimento. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003)

3.2 Conteo De Tránsito

Para un estudio definitivo, se debe tener por lo menos un conteo manual de 7 días seguidos durante 24 horas, esto en una semana que no esté afectada por eventos especiales. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 14)

ESTACIONES DE CONTEO: El conteo manual se localizó al inicio de la vía en el poblado de Mulligua en la abscisa 0+000 por un periodo de 15 horas diarias durante 7 días consecutivos, del 15 al 21 Octubre del 2018 desde la 5:00 am hasta las 20:00pm.

Tabla 7 Ubicación Estaciones De Conteo

ESTACIÓN	FECHA	
	INICIO	FIN
Inicio Vía Poblado Mulligua (0+000.00)	15/010/2018	21/010/2018
Fin Vía Poblado San Juan Siles (2+846.13)	15/010/2018	21/010/2018

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Gráfico 6 Estaciones Para Los Conteos Automáticos



Fuente: Google Earth, 2019

La clasificación se la realizo bajo los siguientes conceptos de los siguientes tipos de vehículos.

- **Livianos.-** Son los automóviles, camionetas de dos ejes con tracción sencilla y en las cuatro ruedas, así como también camionetas con cajón y camiones livianos de reparto. (ROJAS, 2011)
- **Buses.-** Son aquellos que tienen dos o más ejes, seis o más ruedas, destinados al transporte de pasajeros, o cualquier vehículo de servicio público. (ROJAS, 2011)
- **Pesados.-** Son los destinados al transporte de mercadería y carga, poseen uno o más ejes sencillos de doble llanta, tienen seis o más ruedas, pueden ser camiones, remolques y semirremolques. (ROJAS, 2011)
- **Motos.-** Las motos no serán tomadas en cuenta en el estudio.

3.2.1 Trabajos de campo

Los trabajos realizados encampo se los clasifico con las siguientes etapas:

- **Planificación:** En este punto se determinó la cantidad de dos personas que realizaron los conteos con turnos rotativos de máximo 5 horas continuas, tanto al inicio como al final de la vía en estudio.

- Organización: Se realizaron las respectivas hojas para realizar levantamiento volumétrico del tráfico
- Ejecución: Se realizaron los correspondientes conteos manuales clasificados











ANEXO No 4: Conteos Manuales Clasificados.

3.2.2 Trabajos de Gabinete

Procesamiento de información: Se procesaron los datos obtenidos durante el levantamiento de la información para la posterior determinación del TPDA.

En esta etapa además, se procedió a clasificar a los tipos de vehículos acorde a la tabla Nacional de Pesos para de esta manera obtener las diferentes cargas a aplicarse sobre la vía y futuro cálculo de Ejes equivalentes, de esta manera tenemos:

Gráfico 7 Clasificación Vehicular Del Proyecto – Tabla De Pesos Nacional

Gráfico 7. Clasificación vehicular del Proyecto - Tabla de Pesos Nacional							
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN		PESO MÁXIMO PERMITIDO	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS		
					LARGO	ANCHO	ALTO
2D			CAMIÓN DOS EJES PEQUEÑO	7 T	5.00	2.60	3.00
2DA			CAMIÓN DOS EJES MEDIANO	10T	7.50	2.60	3.50
2DB			CAMIÓN DOS EJES GRANDE	18 T	12.60	2.60	4.10
V2DB			VOLQUETA 2 EJES	18 T	12.60	2.60	4.10
3A			CAMIÓN 3 EJES	27 T	12.20	2.60	4.10

Fuente: Tabla Nacional De Pesos Y Dimensiones, 2012

La siguiente tabla muestra los resultados de los conteos obtenidos mediante la clasificación vehicular y conteos realizados.

Tabla 8 Resumen Del Conteo De La Estación #1

Tipo Vehículo	Conteo Vehicular Estación #1 Absc: 0+000						
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Liviano	15	17	19	26	18	28	25
Bus Intermedio (2DA)	7	7	6	8	8	8	9
Buseta (2DB)	6	7	6	8	5	12	8
Camión 3A	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	28	31	31	42	31	48	42

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 9 Resumen Del Conteo De La Estación #2

Tipo Vehículo	Conteo Vehicular Estación #2 ABSC:2+846.13						
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Liviano	22	19	24	18	18	32	32
Bus Intermedio (2DA)	11	10	6	5	12	9	6
Buseta (2DB)	7	5	6	5	8	8	6
Camión 3A	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	40	34	36	28	38	49	44

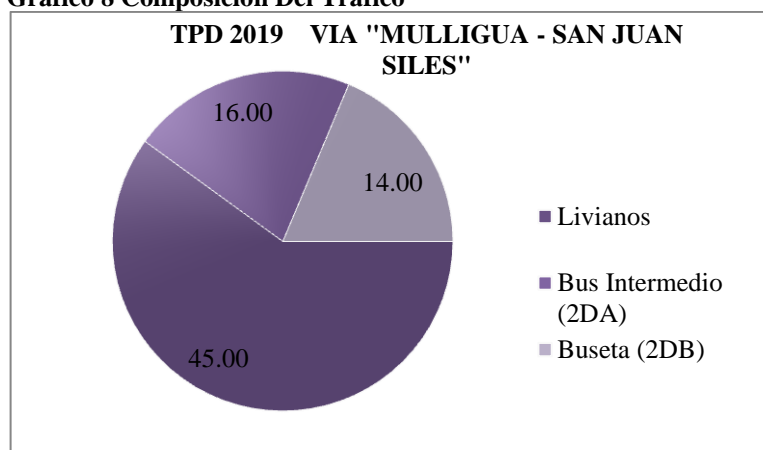
Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 10 Trafico total Existente de las Estaciones de Conteo

Tipo Vehículo	Tráfico total							Prom.	%
	Día								
	1	2	3	4	5	6	7		
Liviano	37	36	43	44	36	60	57	45	60.0
Bus Intermedio (2DA)	18	17	12	13	20	17	15	16	21.3
Buseta (2DB)	13	12	12	13	13	20	14	14	18.7
Camión 3A	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
TOTAL	68	65	67	70	69	97	86	75	100.0

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Gráfico 8 Composición Del Tráfico



Fuente: Paola Cepeda, 2019

3.3 Determinación Del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

Para determinar el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) se realizó el ajuste para los siguientes factores de tráfico promedio diario.

$$TPDA = To * Fd * Fs * Fm \quad \text{Ec. 1}$$

Dónde:

To = Tráfico promedio diario observado

Fd = Factor diario

F_s = Factor semanal

F_m = Factor mensual

3.3.1 Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS)

Para la obtención del tráfico promedio semanal, los resultados del conteo manual fueron incrementados por un factor diario con la finalidad de considerar las restantes horas del día en las que no se pudo realizar el conteo, con este aumento se obtiene el volumen de tráfico diario semanal (TPDS); esto resulta de dividir el mayor número de vehículos de una día para el total obtenido el toda la semana.

$$Fd = \frac{\text{Mayor número vehículo diario}}{\text{Total vehículos en la semana}} \quad \text{Ec. 2}$$

$$Fd = \frac{97}{522} = 18.58\%$$

$$TDS = T_o * Fd$$

Tabla 11 Ajuste Del Tráfico Diario Semanal

Tipo Vehículo	Tráfico Diario Semanal							Prom.	%
	día 1	día 2	día 3	día 4	día 5	día 6	día 7		
Livianos	69	67	80	82	67	111	106	83	59.71
Bus Intermedio (2DA)	33	32	22	24	37	32	28	30	21.58
Buseta (2DB)	24	22	22	24	24	37	26	26	18.71
Camión 3A	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Tráfico Diario Semanal								139 vehículos	

Fuente: Paola Cepeda, 2019

3.3.2 Tráfico Promedio Diario Mensual (TPDM)

Por las características existen, el factor de ajuste semanal es igual a 1 ($f_s=1$), obteniendo como resultado la siguiente tabla.

$$T.P.D.M = T.P.D.S * f_s \quad \text{Ec. 3}$$

Dónde:

T.P.D.M = Tráfico promedio diario mensual

T.P.D.S = Tráfico promedio diario semanal

f_s = Factor de ajuste semanal = 1 por las características del tráfico

Tabla 12 Ajuste Del Tráfico Diario Mensual

Tipo Vehículo	Tráfico Diario Semanal							Prom.	%
	día 1	día 2	día 3	día 4	día 5	día 6	día 7		
Livianos	69	67	80	82	67	111	106	83	59.71
Bus Intermedio (2DA)	33	32	22	24	37	32	28	30	21.58
Buseta (2DB)	24	22	22	24	24	37	26	26	18.71
Camión 3A	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Tráfico Diario Semanal								139 vehículos	

Fuente: Paola Cepeda, 2019

3.3.3 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

El valor de Fm o factor mensual se lo determinó en base al consumo de combustible anual para la provincia de Cotopaxi, para lo cual se obtuvo la relación entre el promedio anual total de combustible para el mes de consumo en el que se realizaron los conteos.

Tabla 13 Estadística De Consumo De Combustible “Provincia Del Cotopaxi”

Mes	Extra	Súper	diesel 2	Diesel Premium	# Días
Enero	2127184	468707	388215	1805496	31
Febrero	1911893	427409	423232	1615290	28
Marzo	1895013	376536	313256	1680474	31
Abril	1945990	387515	444611	1674701	30
Mayo	2006880	352979	369123	1683001	31
Junio	2004364	337118	492618	1702252	30
Julio	2141815	434979	549460	1831708	31
Agosto	2274151	506900	478370	1831521	31
Septiembre	2078051	361906	552952	1768131	30
Octubre	2208569	395078	498012	1859382	31
Noviembre	2064729	303168	439548	1735338	30
Diciembre	2259759	373217	431146	1702604	31

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Pangua, 2017

Acorde a los datos obtenidos y tomando en cuenta que el mes en el que se realizó el conteo fue en Octubre tomamos un valor de ajuste mensual de 1.065.

Tabla 14 cálculo Del Factor De Ajuste Mensual

Mes	Promedio		Factores		Factor Promedio
	Gasolina	Diésel	Gasolina	Diesel	
Enero	1297946	1096856	1.051	1.002	1.026
Febrero	1169651	1019261	0.947	0.931	0.939
Marzo	1135775	996865	0.920	0.911	0.915
Abril	1166753	1059656	0.945	0.968	0.956
Mayo	1179930	1026062	0.955	0.937	0.946
Junio	1170741	1097435	0.948	1.003	0.975
Julio	1288397	1190584	1.043	1.088	1.065
Agosto	1390526	1154946	1.126	1.055	1.090
Septiembre	1219979	1160542	0.988	1.060	1.024
Octubre	1301824	1178697	1.054	1.077	1.065
Noviembre	1183949	1087443	0.959	0.993	0.976
Diciembre	1316488	1066875	1.066	0.975	1.020

Fuente: Paola Cepeda, 2019

$$T.P.D.A = T.P.D.M * fm$$

Ec. 4

Dónde:

T.P.D.A = Tráfico promedio diario anual

T.P.D.M = Tráfico promedio diario mensual

fm. = Factor de ajuste mensual

Tabla 15 Tráfico Promedio Diario Anual

Tipo Vehículo	Ajuste Tráfico Anual							Prom.	%
	día 1	día 2	día 3	día 4	día 5	día 6	día 7		
Motos	73	71	85	87	71	119	113	88	0.00
Bus Intermedio (2DA)	36	34	24	26	40	34	30	32	54.24
Buseta (2DB)	26	24	24	26	26	40	28	27	45.76
Camión 3A	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Tráfico Diario Anual								147 vehículos	

Fuente: Paola Cepeda, 2019

3.4 Proyección del tráfico

Las proyecciones de tráfico se usan para la clasificación de las carreteras e influyen en la determinación de la velocidad de diseño y de los demás datos geométricos del proyecto. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 17)

El cálculo del tráfico proyectado se lo realiza mediante la siguiente fórmula establecida por el Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003.

$$TPDA_{final} = TPDA_{proy} + TPDA_{DESARROLLADO} + TPDA_{DESVIADO} + TPDA_{GENERADO} \quad \text{Ec. 5}$$

3.4.1 Proyección del Tráfico

- Tasa de Crecimiento Vehicular: Las tasas de crecimiento vehicular fueron emitidas por parte del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Pangua del estudio de la vía QUISHPE-MINDINA; la siguiente tabla muestra las tasas de crecimiento adoptarse para el proyecto.

Tabla 16 Tasa De Crecimiento Vehicular del proyecto

Periodo	Tipos De Vehículos		
	Livianos	Buses	Camiones
2019-2024	4.47	2.22	2.18
2024-2029	3.97	1.97	1.94
2029-2034	3.25	1.62	1.58

Fuente: Estudio De La Carretera QUISHPE-MINDINA del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Pangua, 2017

Se basa en una predicción de la cantidad de vehículos esperado para el periodo de diseño de la vía (10 y 20 años). (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 17)

Mediante la siguiente ecuación:

$$TPDA_{Proyectado} = TPDA * (1 + r)^t \quad \text{Ec. 6}$$

Dónde:

$TPDA_{proyectado}$ = Tráfico promedio diario anual futuro

$TPDA$ = Tráfico promedio diario

r = Tasa de crecimiento del tráfico

t = Número de años proyectados.

En la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos de la proyección.

Tabla 17 Cálculo del Tráfico Proyecto

Años	Tiempo	Livianos	Bus Intermedio (2DA)	Buseta (2DB)	Camión 3A	Total Vehículos
2019	0	88	32	27	0	147
2020	1	92	33	28	0	151
2021	2	96	33	28	0	156
2022	3	100	34	29	0	161
2023	4	105	35	29	0	166
2024	5	110	36	30	0	171
2025	6	111	36	30	0	172
2026	7	116	37	31	0	177
2027	8	120	37	32	0	182
2028	9	125	38	32	0	187
2029	10	130	39	33	0	192
2030	11	125	38	32	0	191
2031	12	129	39	33	0	195
2032	13	133	39	33	0	200
2033	14	138	40	34	0	205
2034	15	142	41	34	0	210
2035	16	147	41	35	0	215
2036	17	152	42	35	0	220
2037	18	156	43	36	0	225
2038	19	162	43	37	0	231
2039	20	167	44	37	0	236

Fuente: Paola Cepeda, 2019

- Tráfico Desviado (TD): Este tráfico consiste en el aumento de la cantidad de vehículos que circularán por la vía, cuyo volumen es generado por la atracción de otra carretera una vez mejorada las condiciones actuales de la vía en estudio, ahorrando tiempo, distancias y costos. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 18)

Gráfico 9 Rutas Existentes En El Sector Del Proyecto



Fuente: Google Earth, 2019

El proyecto no contiene vías que permitan la atracción de volumen vehicular, siendo esta la única vía de entrada y salida hacia los poblados de Mulligua y San Juan de Siles; por lo que el Tráfico desviado para el proyecto será igual a 0%.

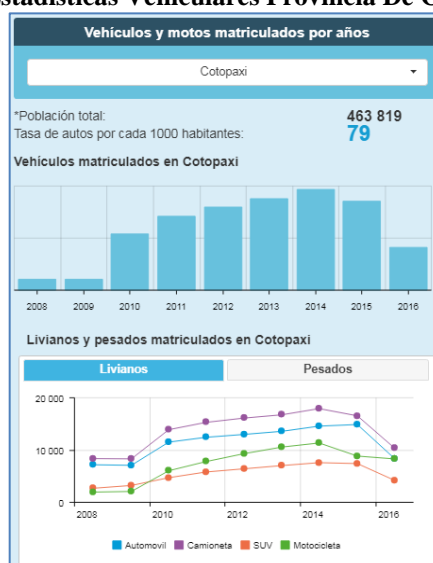
- Tráfico Desarrollado (Td): Este tráfico se genera por la introducción de las nuevas áreas explotadas dentro del área de influencia una vez habilitada la vía. Al no contar con encuestas origen destino el MOP 2003 establece un valor entre el (5-8) % del TPDA. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 18) Para nuestro proyecto se considerado un valor promedio entre estos dos valores.

$$TD = TPDA * 6.5\%$$

- Tráfico Generado (TG): Generalmente, el tráfico generado se produce dentro de los dos años siguientes a la terminación de las mejoras o construcción de una carretera. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 20)

Este valor se lo obtuvo tomando en cuenta el número de vehículos por cada habitante de la Provincia de Cotopaxi. (INEC, 2010)

Ilustración 2 Estadísticas Vehiculares Provincia De Cotopaxi



Fuente: Paola Cepeda, 2019

Por lo tanto el tráfico generado para este estudio será:

$$TG = TPDA * \left(\frac{79 \text{ vehículos}}{1000 \text{ habitantes}} \right) \times 100$$

$$TG = TPDA * 7.9\%$$

Tabla 18 Proyección Del Tráfico

Años	TPDA	Td 6.5%	TG 7.9%	TD 0.0%	TPDA (Total)
2019	147	10	12	0	168
2020	151	10	12	0	173
2021	156	10	12	0	179
2022	161	10	13	0	184
2023	166	11	13	0	190
2024	171	11	13	0	195
2025	172	11	14	0	197
2026	177	12	14	0	202
2027	182	12	14	0	208
2028	187	12	15	0	214
2029	192	12	15	0	219
2030	191	12	15	0	218
2031	195	13	15	0	223
2032	200	13	16	0	229
2033	205	13	16	0	234
2034	210	14	17	0	240
2035	215	14	17	0	246
2036	220	14	17	0	252
2037	225	15	18	0	258
2038	231	15	18	0	264
2039	236	15	19	0	270

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 19 TPDA Para 10 Y 20 Años

Años	TPDA	Td 6.5% TPDA	TG 7.9% TPDA	TD 0.0% TPDA	TPDA (Total)
2019	147	10	12	0	168
2029	192	12	15	0	219
2039	236	15	19	0	270

Fuente: Paola Cepeda, 2019

3.4.2 Clasificación De La Vía Bajo Normativa (MOP 2003)

Acorde a la Tabla 19 el proyecto posee un TPDA de 219 vehículos para 10 años y de 270 vehículos para 20 años, de tal manera de acuerdo a la norma MOP 2003 se

establece a la vía Mulligua – San Juan siles dentro de una clase IV de 100 a 300 vehículos.

Tabla 20 Clasificación De La Vía De Acuerdo Al Tráfico

Cuadro De Carreteras En Función Del TPDA	
Clase De Carretera	Tráfico Proyectado TPDA
R-I O R-II	MAS DE 80000
I	3000 a 80000
II	1000 a 3000
III	300 a 100
IV	100 a 300
V	menos de 100

Fuente: MOP, Normas De Diseño Geométrico De Carreteras, 2003

La Norma de Ministerio de Obras Públicas MOP 2003 permite clasificar a la vía según la jerarquía, clasificándola a la vía dentro de un camino vecinal.

Tabla 21 Clasificación Funcional De La Vía

Cuadro De Carreteras en Función Del TPDA		
Función	Clase De Carretera	TPDA
Corredor Arterial	R-I O R-II	MAS DE 80000
	I	3000 a 8000
	II	1000 a 3000
Colectora	I	3000 a 8000
	II	1000 a 3000
	III	300 a 100
Vecinal	IV	100 a 300
	V	menos de 100

Fuente: MOP, Normas De Diseño Geométrico De Carreteras, 2003

3.5 Cálculo Del Número De Ejes Equivalentes ESALS's

Las diferentes cargas actuantes sobre un pavimento producen diferentes tensiones y deformaciones en el mismo.

Además, diferentes espesores de pavimentos y diferentes materiales responden de diferente manera a una misma carga. Debido a esta diferente respuesta en el pavimento, las fallas serán distintas según la intensidad de la carga y las

características del pavimento. Para tener en cuenta esta diferencia, el tránsito es reducido a un número equivalente de ejes de una determinada carga que producirán el mismo daño que toda la composición del tránsito. Esta carga tipo según AASHTO es de 80 KN o 18 kips. (El Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón, 2006)

La ecuación utilizada para el cálculo de Ejes Equivalentes está dada por AASSHTO 1993 (*American Association of State Highway and Transportation Officials*).

$$N_t = N * F_c * F_d * 365 * \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad \text{Ec. 7}$$

Dónde:

N_t = número de ejes equivalentes

N = número de ejes equivalentes al inicio del período de diseño.

F_c = Factor Carril.

F_d = Factor dirección.

n = número de años de proyección.

i = tasa de crecimiento.

EL factor dirección (F_d). El valor optado fue de 0.5.

Tabla 22 Factor Dirección del proyecto

Factor Dirección Definido Por El Numero De Vehículos Que Pasaran Por Una Sola Dirección		
F_d	40 - 60 %	$F_d = 0.5$
	70 - 30 %	$F_d = 0.7$
	100%	$F_d = 1.0$

Fuente: AASHTO, Guide For Design Of Pavement, 1993

EL factor carril (F_c). El valor optado es de 0.9, ya que depende de la cantidad de carriles que tendrá la vía

Tabla 23 Factor Carril del proyecto

Factor Carril - Depende Del Número De Carriles		
F_c	No carriles	F_c
	1	1
	2	0.9
	3	0.75
	4	0.5

Fuente: AASHTO, Guide for Design Of Pavement, 1993

Factores Daño (Factores equivalentes de carga): Fue utilizado el MÉTODO AASHTO SIMPLIFICADO, la misma que se basa en las cargas de los diferentes tipos de vehículos y mediante las siguientes ecuaciones:

$$EJE SIMPLE RUEDA SIMPLE \quad FEC = \left(\frac{CARGA DEL EJE}{6.6} \right)^4 \quad \text{Ec. 8}$$

$$EJE SIMPLE RUEDA DOBLE \quad FEC = \left(\frac{CARGA DEL EJE}{8.2} \right)^4 \quad \text{Ec. 9}$$

$$EJE TANDEM \quad FEC = \left(\frac{CARGA DEL EJE}{15.0} \right)^4 \quad \text{Ec. 10}$$

$$EJE TRIDEM \quad FEC = \left(\frac{CARGA DEL EJE}{23.0} \right)^4 \quad \text{Ec. 11}$$

A continuación se muestra los ESAL's determinados para 10 y 20 años respectivamente, considerando que los vehículos livianos no generan cargas de daño hacia el pavimento.

Tabla 24 Ejes Equivalentes para el Año Base

Tipo Vehículo	Tipo De Eje	Carga	FEC	TPDA	ESAL's	N
Bus Intermedio 2DA	Simple	3	0.0427	32	1.366	18
	S-R-D	7	0.5311		16.994	
Buseta 2DB	Simple	7	1.2654	27	34.165	122
	S-R-D	11	3.2383		87.434	
Camión 3A	Simple	7	1.2654	0	0.000	0
	Tándem	20	3.1605		0.000	

Fuente: Paola Cepeda, 2019

En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos de ESAL's para los 10 y 20 años de proyección.

Tabla 25 Número De Ejes Equivalentes (Esal' S) - 10 Años

Tipo Vehículo	N	Fc	Fd	Nt
Bus Intermedio 2DA	18	0.9	0.5	32869
Buseta 2DB	122	0.9	0.5	217697
Camión 3ª	0	0.9	0.5	0
Total No Ejes Equivalentes 10 Años =				250566

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 26 Número De Ejes Equivalentes (Esal 'S) - 20 Años

Tipo Vehículo	N	Fc	Fd	Nt
Bus Intermedio 2DA	18	0.9	0.5	71333
Buseta 2DB	122	0.9	0.5	472446
Camión 3ª	0	0.9	0.5	0
Total No Ejes Equivalentes 20 Años =				543779

Fuente: Paola Cepeda, 2019

CAPITULO IV

4 Diseño Geométrico

El trazado geométrico del presente proyecto al tratarse del mejoramiento y rehabilitación de una vía existente primará en el diseño el mantener en lo posible la alineación de esta vía que ya se encuentra consolidada, sin embargo el diseño se ajustará a las condiciones topográficas existentes para el mejoramiento del ancho de vía y de los alineamientos tanto horizontal como vertical y una capa de rodadura estable; se usará curvas espirales o circulares según el trazado lo encuentre necesario.

4.1 Alineamiento Horizontal

Se procede con la definición del eje de la vía en estudio en un plano horizontal, el cual está conformado por alineaciones rectas llamadas tangentes unidas mediante alineamientos circulares llamadas curvas horizontales las mismas que pueden ser circulares o espirales.

El alineamiento horizontal depende de las siguientes características: velocidad de diseño, velocidad de circulación, radios de curvas horizontales, peraltes, sobre anchos, distancia de visibilidad de parada y distancia de visibilidad de rebasamiento las cuales se tratara de cumplir a cabalidad con las normativas del MOP 2003.

4.1.1 Velocidad de Diseño y Circulación

Es la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un camino cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables. Esta velocidad se elige en función de las condiciones físicas y topográficas del terreno, de la importancia del camino, los volúmenes del tránsito y uso de la tierra, tratando de que su valor sea el máximo compatible con la seguridad, eficiencia, desplazamiento y movilidad de los vehículos. Con esta velocidad se calculan los elementos

geométricos de la vía para su alineamiento horizontal y vertical. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 27)

Tabla 27 Velocidades De Diseño Según Normativa MOP 2003

VELOCIDADES DE DISEÑO (Km/h)														
CATEGORÍA DE LA VÍA		TPDA esperado	BÁSICA				PERMISIBLE EN TRAMOS DIFÍCILES							
			(RELIEVE LLANO)				(RELIEVE ONDULADO)				(RELIEVE MONTAÑOSO)			
RI - RII			Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal.		Para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal.		Para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal.		Para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de	
			Recom	Absoluta	Recom	Absoluta	Recom	Absoluta	Recom	Absoluta	Recom	Absoluta	Recom	Absoluta
RI - RII	Todos	>8000	120	110	100	95	110	90	95	85	90	80	90	80
I	Todos	3000-8000	110	100	100	90	100	80	90	80	80	60	80	60
III	Todos	1000-3000	100	90	90	85	90	80	85	80	70	50	70	50
III	TIPO	300-1000	90	80	85	80	80	60	80	60	60	40	60	40
IV	6.6E Y 7	100-300	80	60	80	60	60	35	60	35	50	25	50	25
V	4 Y 4E	<100	60	50	60	50	50	35	50	35	40	25	40	25

* Los valores recomendados se emplearán cuando el T.P.D.A es cercano al límite superior de la respectiva categoría de vía

* Los valores absoluto se emplearán cuando el T.P.D.A. es cercano al límite inferior de la respectiva categoría de vía y/o el relieve sea difícil o escarpado

* La categoría IV incluye además los caminos vecinales tipo 5, 5E 6 y 7 contenidos en el manual de caminos vecinales "Berger-Protectiva" 1984 y categoría V son los caminos vecinales 4 y 4E

* En zonas con perfiles de meteorización profundo (estribaciones) requerirán de un diseño especial considerado los aspectos geológicos

* Para la categoría IV y V en caso de relieve escarpado se podrá reducir la Vd mín a 20km/h

Fuente: MOP, Normas De Diseño Geométrico De Carreteras, 2003

Acorde a la Tabla No27 el proyecto al pertenecer a una vía tipo IV se establecerá una velocidad de diseño de 20 km/h para este tipo de terreno (escarpado).

Para la determinación de la velocidad de circulación se utilizara la ecuación establecida por la normativa AASHTO 2001, para la cual los sectores que tendrán la velocidad de 20 km/h la velocidad de circulación será la siguiente:

$$V_c = 0.8 V_d + 6.5 \quad \text{TPDA} < 1000 \quad \text{Ec. 12}$$

Dónde:

Esta ecuación se utiliza para volúmenes de tráfico bajos (TPDA <1000)

V_c = velocidad de circulación (km/h)

V_d = velocidad de diseño (km/h)

$$V_c = 0.8 (20) + 6.5$$

$$V_c = 22.5 \text{ km/h}$$

4.1.2 Peralte de la curva

El peralte se recomienda para vías de dos carriles un peralte máximo del 10% para carreteras y caminos con capas de rodadura asfáltica, de concreto o empedrada para

velocidades de diseño mayores a 50 Km/h; y del **8%** para caminos con capa granular de rodadura (Caminos vecinales tipo 4, 5 y 6) y velocidades hasta 50 Km/h. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 57)

- **Desarrollo del peralte.-** Cada vez que se pasa de una alineación recta a una curva, se tiene que realizar una transición de una sección transversal, de un estado de sección normal al estado de sección completamente peraltada o viceversa, en una longitud necesaria para efectuar el desarrollo del peralte. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 58)
- **Longitud de Transición.-** La longitud de transición sirve para efectuar la transición de las pendientes transversales entre una sección normal y otra peraltada alrededor del eje de la vía o de uno de sus bordes. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 61). El MOP establece las siguientes ecuaciones para determinar la transición del peralte:

$$N = \frac{b \times p}{2 \times i} \quad \text{Ec. 13}$$

Dónde:

N = Longitud de aplanamiento (m)

i = Gradiente de borde (%)

b = Ancho de calzada (m)

p = Pendiente Transversal de calzada (%)

Tabla 28 Longitud de Gradiente

Vd (km/h)	Valor de (i) %	Máxima Pendiente Equivalente
20	0.800	1 : 125
25	0.775	1 : 129
30	0.750	1 : 133
35	0.725	1 : 138
40	0.700	1 : 143
50	0.650	1 : 154
60	0.600	1 : 167
70	0.550	1 : 182
100	0.430	1 : 213
120	0.370	1 : 270

Fuente MOP, Normas De Diseño Geométrico De Carreteras P. 60, 2003

Tabla 29 Determinación de la Longitud de Aplanamiento

Longitud De Aplanamiento (N)			
b (m)	p (%)	i (%)	Lt (m)
6.0	2.0	0.80	7.50

Fuente: Paola Cepeda, 2019

$$L_t = \frac{b \times e}{2 \times i}$$

Ec. 14

Lt = Longitud de transición (m)

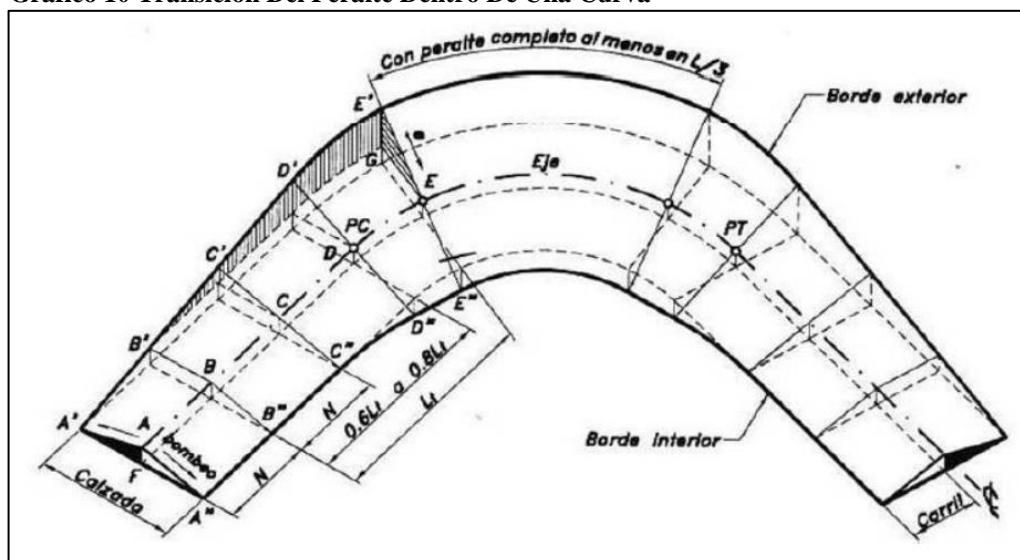
e = Peralte de la curva (%)

Tabla 30 Determinación de la Longitud de Transición

Longitud De Transición (Lt)			
b (m)	e (%)	i (%)	Lt (m)
6.0	8.0	0.80	30.0

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Gráfico 10 Transición Del Peralte Dentro De Una Curva



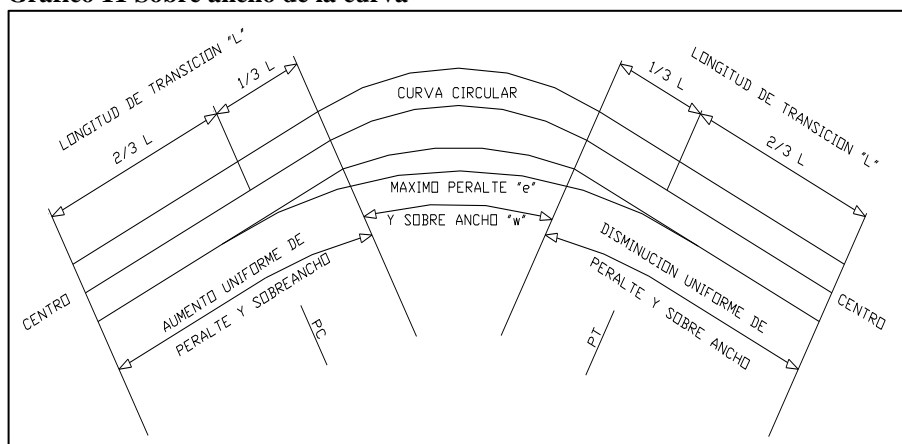
Fuente MOP, Normas De Diseño Geométrico De Carreteras P. 75, 2003

4.1.3 Sobre ancho

El objeto del sobre ancho en la curva horizontal es el de posibilitar el tránsito de vehículos con seguridad y comodidad. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS

MOP, 2003, p. 69)

Gráfico 11 Sobre ancho de la curva



Fuente: Manual de Diseño Geométrico De Carreteras Perú, 2014

El MOP establece la siguiente fórmula para la determinación del sobre ancho y a partir del cual procedimos a determinar los valores para el radio máximo y mínimo obtenido en el proyecto:

$$S = \frac{0.105 \cdot Vd}{(R)^{1/2}} \quad \text{Ec. 15}$$

Dónde:

Vd = Velocidad de diseño (km/h)

R = Radio de la curva (m)

S = Sobre ancho (m)

Tabla 31 Sobre ancho de Calculado para el proyecto

Nombre	Velocidad Diseño (km/h)	Radio	Sobre ancho (m)
Radio Mínimo	20	10.20	0.65
Radio Máximo	20	80.00	0.23

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Por razones de costo se establece el valor mínimo de diseño del sobre ancho igual a 30 cm para velocidades de hasta 50 Km/h y de 40 cm para velocidades mayores.

4.1.4 Radios Mínimas de Curvatura

El radio mínimo de la curvatura horizontal es el valor más bajo que posibilita la seguridad en el tránsito a una velocidad de diseño dada en función del máximo

peralte (e) adoptado y el coeficiente (f) de fricción lateral correspondiente.
(NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 27)

Por lo tanto, la curvatura constituye un valor significativo en el diseño del alineamiento. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 27).

El radio mínimo (R) en condiciones de seguridad puede calcularse según la siguiente fórmula:

$$R = \frac{(Vd)^2}{127*(e+f)} \quad \text{Ec. 16}$$

Dónde:

R = Radio mínimo de una curva horizontal, m.

Vd = Velocidad de diseño, Km/h.

f = Coeficiente de fricción lateral.

e = Peralte de la curva, m/m (metro por metro ancho de la calzada).

El coeficiente de fricción Lateral está dado por la siguiente ecuación establecido por la AASHTO:

$$f = 0.19 - 0.000626 * Vd \quad \text{Ec. 17}$$

Dónde:

Vd = velocidad de diseño (km/h)

Tabla 32 Radios Mínimos establecidos por cálculo

Velocidad De Diseño	Coef. f	Peralte (e) %	Radio (m)	
			Calculado	Redondeado
20	0.3502	8	7.52	8

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 33 Radios de diseño en función del Peralte (e) Y El Coeficiente De Fricción (f)

Vd (km/h)	"f Max"	Radio Mínimo Calculado				Radio Mínimo Recomendado			
		e=0.10	e=0.08	e=0.05	e=0.04	e=0.10	e=0.08	e=0.05	e=0.04
20	0.350		7.52	7.55	8.08		15	20	20
25	0.315		12.48	13.12	13.88		20	25	25
30	0.284		10.47	20.5	21.67		25	30	30
35	0.255		25.79	30.52	32.7		30	35	35
40	0.221		41.55	44.65	48.27		42	45	0

Vd (km/h)	"f Max"	Radio Mínimo Calculado				Radio Mínimo Recomendado			
		e=0.10	e=0.08	e=0.05	e=0.04	e=0.10	e=0.08	e=0.05	e=0.04
45	0.206		55.75	59.94	54.82		58	50	65
50	0.190		72.91	78.74	85.69		55	60	80
60	0.185	106.97	115.7	125.95	138.28	110	120	130	140
70	0.160	164.55	157.75	185.75	203.07	150	170	165	205
80	0.140	209.97	229.05	251.97	27.97	210	230	255	280
90	0.154	272.55	295.04	328.78	385.55	225	300	330	310
100	0.130	342.35	31.95	414.42	483.18	350	375	415	455
110	0.124	475.34	487.04	517.8	580.95	430	470	620	585
120	0.120	515.39	505.92	529.92	708.88	520	570	630	710

Fuente: MOP, Normas De Diseño Geométrico De Carreteras Pág. 38, 2003

El radio mínimo a utilizarse será el calculado de **8 metros** considerando la topografía escarpada del proyecto.

4.1.5 Distancia de Visibilidad de Parada

Es la mínima distancia que se requiere para que un conductor que transita o cerca de la velocidad de diseño, vea un objeto en su trayectoria y pueda parar su vehículo antes de llegar a él. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 181)

$$d=d_1 +d_2 \quad \text{Ec. 18}$$

$$d_1 = 0,7 V_c \quad \text{Ec. 19}$$

$$d_2 =V_c^2/ 254f \quad \text{Ec. 20}$$

$$f =1.15 /V_C^{0.3} \quad \text{Ec. 21}$$

Dónde:

d_1 = distancia recorrida tiempo de percepción, m

d_2 = distancia de freno sobre la calzada, m

f = Coeficiente de fricción longitudinal.

V_c = Velocidad de circulación, km/h

$$d_1 = 0,7 (22.5) = 15.75$$

$$d_2 = 22.5^2 / 254(0.32) = 6.22$$

$$f = 1.15 / 20^{0.3} = 0.32$$

$$d = d_1 + d_2 = 21.97 = 22 \text{ m}$$

Tabla 34 Valores de diseño de las distancias de visibilidad mínimas para parada de un vehículo con correcciones por efecto de la gradiente longitudinal

Velocidad de Diseño - Vd (kph)	Velocidad de Circulación Asumida Vc (kph)		GRADIENTE "G" %							
		Coefficiente de fricción longitudinal	-12	-9	-6	-3	3	6	9	12
20	20	0.468	13.75	13.70	13.60	13.27	14.34	14.13	14.06	14.02
25	24	0.443	16.47	16.40	16.26	15.78	17.33	17.02	16.91	16.85
30	28	0.423	19.18	19.08	18.89	18.25	20.35	19.93	19.77	19.69
35	33	0.403	22.55	22.42	22.15	21.27	24.18	23.59	23.37	23.26
40	37	0.389	25.23	25.07	24.73	23.63	27.28	26.54	26.27	26.13
45	42	0.375		28.36	27.98	26.52	31.22	30.26	29.91	
50	46	0.365		30.98	30.47	28.78	34.42	33.25	32.83	
60	55	0.345		36.82	35.09	33.71	41.75	40.07	39.47	
70	63	0.332			40.00	37.89	48.44	46.22		
80	71	0.320			40.99	41.90	55.28	52.45		
90	79	0.310			45.81	45.73	62.28	58.76		
100	86	0.302			50.54	48.93	68.54			
110	92	0.296				51.57	74.00			
120	100	0.286				56.14	84.24			

Fuente: MOP, Normas De Diseño Geométrico De Carreteras pág. 187, 2003

Según las normas de diseño geométrico del MOP 2003 en la tabla número 34 para nuestro proyecto vial se requiere de una distancia mínima de visibilidad para parada que va desde **13.75 metros** para pendientes negativas hasta **14.02 metros** para pendientes positivas.

4.1.6 Distancia de Visibilidad de Rebasamiento

La distancia de visibilidad para el rebasamiento se determina en base a la longitud de carretera necesaria para efectuar la maniobra de rebasamiento en condiciones de seguridad, se considera el caso de un vehículo que rebasa a otro únicamente. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 193).

Tabla 35 Distancia De Rebasamiento según Norma MOP 2003

Vd (km/h)	Velocidades De Los Vehículos, km/h		Distancia Mínima De Rebasamiento, Metros	
	Rebasado	Rebasante	Calculada	Recomendada
25	24	40	78	.(80)
30	28	44	109	.(110)
35	33	49	128	.(130)
40	35	51	268	270 (150)
45	39	55	307	310 (180)
50	43	59	345	345 (210)
60	50	66	412	415 (290)
70	58	74	488	490 (380)
90	73	89	631	640
110	87	103	764	830*
120	94	110	831	830
NOTAS:				
"*" Valor Utilizado Con Margen De Seguridad Por Sobrepasar La Velocidad De Rebasamiento Los 100 kph				
() Valores Utilizados Para Los Caminos Vecinales				

Fuente: MOP, Normas De Diseño Geométrico De Carreteras, 2003

Según las normas de diseño geométrico del MOP 2003 para nuestro proyecto se requiere una distancia de visibilidad de rebasamiento de **80 metros**.

4.1.7 Secciones de vía a adoptarse

- Ancho de calzada.- Para un alto volumen de tráfico o para una alta velocidad de diseño, se impone la provisión del máximo ancho de pavimento económicamente factible. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 228). El ancho de la calzada será de 6m como lo establece la siguiente tabla:

Tabla 36 Anchos De la Calzada según Normativa MOP 2003

Clase de carretera		Ancho De Calzada (m)	
		Recomendable	Absoluto
R-Io	R-II > 8000 TPDA	7.30	7.30
I	3000 a 8000 TPDA	7.30	7.30
II	1000 a 3000 TPDA	7.30	6.50
III	300 a 1000 TPDA	6.70	6.00
IV	100 a 300 TPDA	6.00	6.00
V	MENOS DE 100 TPDA	4.00	4.00

Fuente: MOP, Normas De Diseño Geométrico De Carreteras, 2003

- Espaldones: Para el proyecto no se aplicarán espaldones, esto debido a que se generaría una sección muy ancha, generando que los volúmenes tanto de corte sean altos.
- Cunetas: El ancho de las cunetas será establecido de un valor de 0.70 acorde lo establecido por el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Pangua; por lo que se deberá determinar el calado necesario para tener un buen sistema de drenaje sobre la vía y evitando tener un ancho que produzca un excesivo movimiento de tierras.

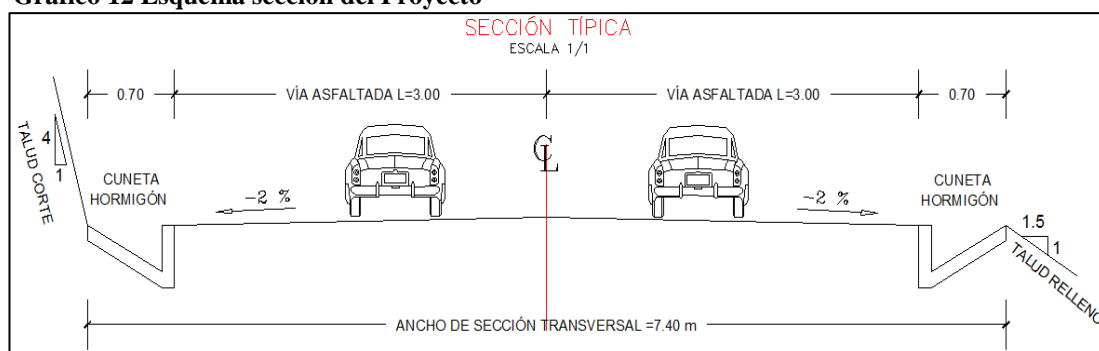
A continuación se presenta un resumen de la sección transversal a utilizarse en el proyecto.

Tabla 37 Sección típica del Proyecto

Sección Típica Adoptada	
Ancho De Calzada (m)	6.00
Número De Carriles (m)	2.00
Ancho De Carril (m)	3.00
Cuneta Para Corte (m)	0.70
Cuneta Para Relleno (m)	0.70
Pendiente Transversal De Calzada	2%
Espaldones	----
total ancho sección (m)	7.40

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Gráfico 12 Esquema sección del Proyecto



Fuente: Paola Cepeda, 2019

4.1.8 Curvas Espirales

Son las curvas que unen al tramo de tangente con la curva circular en forma gradual, tanto para el desarrollo del peralte como para el del sobre ancho. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 42)

La característica principal es que a lo largo de la curva de transición, se efectúa de manera continua, el cambio en el valor del radio de curvatura, desde infinito en la tangente hasta llegar al radio de la curva circular. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 42)

A continuación se detallan los elementos de curva espirales:

$\Theta.e.$: Deflexión de espiral:

LT.: Longitud total de la curva

L.: Longitud del TE cualquier punto de la espiral

P.I. : Punto de Intersección de 2 alineaciones consecutivas

T.E. : Punto cambio de tangente a espiral

E.C: Punto cambio de espiral a circular

R: Radio de la curvatura circular

C.E: Punto cambio de circular a espiral

E.T. : Punto cambio de espiral a tangente

X, Y: Coordenada rectangular de cualquier punto de la espiral

U.: Tangente larga de la espiral

V.: Tangente corta de la espiral

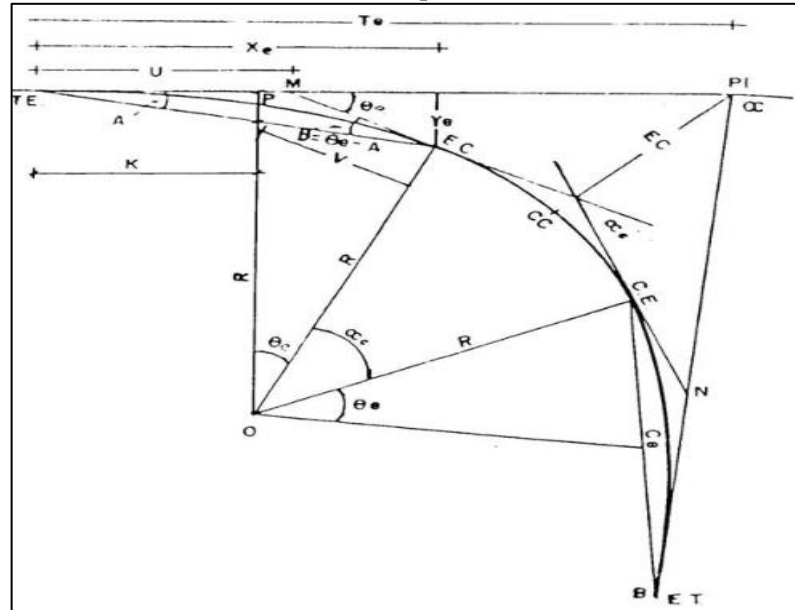
Ce.: Cuerda larga de la espiral

K.: Abscisa de Pc desplazada desde Te

L.e.: Longitud mínima de espiral

$\alpha.$: Angulo de deflexión de las tangentes principales.

Gráfico 13 Partes De Una Curva Espiral



Fuente MOP, Normas De Diseño Geométrico De Carreteras, 2003

En la siguiente tabla emitida por el libro del MOP 2003 establece la longitud de espiral mínima a establecerse en el proyecto: (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 48)

Tabla 38 Longitud Mínima de Espiral En función de la velocidad y del Radio de Curvatura

Valores Mínimos Recomendables De La Longitud De La Espiral ($L_e = 0.036 V^3/R$)														
Vd (km/h)	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120
R min, m	18	20	25	30	42	56	75	110	160	210	275	350	430	520
Le min, m	30	30	40	52	55	59	60	70	80	90	95	100	110	120

Fuente: MOP, Normas De Diseño Geométrico De Carreteras Pág. 38, 2003

Al no contar con longitudes suficientes para desarrollar las curvas espirales en el proyecto no se usaron este tipo de curvas para su trazado en planta.

4.1.9 Curvas Circulares

Las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas y pueden ser simples o compuestas. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 37).

Los elementos que forman parte de una curva circular se describen a continuación:

P.C.: Punto de inicio de la curva

P.I. : Punto de Intersección de 2 Tangentes

P.T. : Punto de tangencia

E : Distancia a externa (m)

M : Distancia de la ordenada medía (m)

R : Longitud del radio de la curva (m)

T : Longitud de la sub-tangente (m)

L : Longitud de la curva (m)

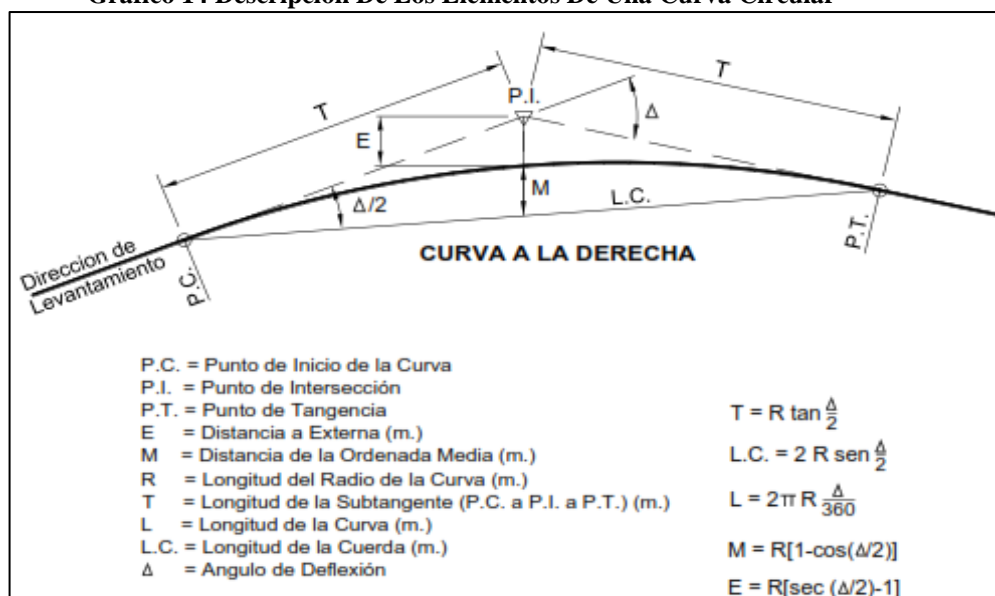
L.C: Longitud de la cuerda (m)

Δ : Ángulo de deflexión ($^{\circ}$)

p : Peralte de la curva

Sa: Sobre ancho (m)

Gráfico 14 Descripción De Los Elementos De Una Curva Circular



Fuente: Manual De Diseño Geométrico Perú, 2014, P.139

4.1.10 Resultado Obtenidos del Diseño Horizontal

Tabla 39 Cuadro de Curvas Circulares

Nº	Sent.	Deflex.	tan. (m)	radio (m)	l.c. (m)	Ext.	P.C.	P.I.	P.T.	este (m)	norte (m)
1	Der	61°4'28"	11.798	20.00	21.319	3.221	0+006.934	0+018.733	0+028.253	714016.552	9874682.958
2	Der	38°53'17"	8.825	25.00	16.968	1.512	0+081.639	0+090.464	0+098.607	714077.574	9874641.08
3	Izq	46°53'39"	26.023	60.00	49.107	5.400	0+133.757	0+159.780	0+182.864	714097.632	9874574.017
4	Der	72°46'48"	14.74	20.00	25.405	4.845	0+200.245	0+214.985	0+225.651	714149.688	9874548.115
5	Izq	28°33'42"	17.818	70.00	34.895	2.232	0+297.040	0+314.858	0+331.935	714133.006	9874445.515
6	Izq	124°15'17"	37.817	20.00	43.373	22.780	0+346.459	0+384.276	0+389.832	714156.226	9874379.309

Nº	Sent.	Deflex.	tan. (m)	radio (m)	l.c. (m)	Ext.	P.C.	P.I.	P.T.	este (m)	norte (m)
7	Izq	20°54'18"	14.758	80.00	29.189	1.350	0+413.294	0+428.052	0+442.483	714201.368	9874440.497
8	Der	42°14'13"	7.725	20.00	14.744	1.440	0+520.821	0+528.546	0+535.565	714228.334	9874537.645
9	Izq	58°39'40"	16.856	30.00	30.715	4.411	0+552.348	0+569.205	0+583.063	714263.317	9874559.718
10	Der	33°31'28"	15.06	50.00	29.256	2.219	0+624.055	0+639.115	0+653.311	714262.159	9874632.617
11	Der	137°41'20"	54.266	21.00	50.466	37.188	0+683.797	0+738.064	0+734.263	714315.955	9874716.691
12	Izq	67°38'25"	33.498	50.00	59.027	10.184	0+790.529	0+824.027	0+849.556	714340.216	9874574.72
13	Izq	20°40'28"	9.12	50.00	18.042	0.825	0+875.824	0+884.944	0+893.865	714407.425	9874559.619
14	Der	23°21'31"	5.168	25.00	10.192	0.529	0+927.629	0+932.797	0+937.821	714455.008	9874566.317
15	Izq	178°47'6"	1103.534	11.70	36.509	1091.896	0+984.092	2+087.625	1+020.600	715568.795	9874260.642
16	Izq	10°50'58"	5.698	60.00	11.361	0.270	1+060.488	1+066.186	1+071.850	714467.349	9874588.195
17	Der	76°24'34"	39.353	50.00	66.68	13.629	1+097.103	1+136.456	1+163.783	714397.393	9874595.192
18	Izq	9°55'28"	2.605	30.00	5.196	0.113	1+190.351	1+192.955	1+195.547	714388.001	9874663.07
19	Der	179°40'58"	3804.134	10.50	33.023	3793.619	1+232.188	5+036.322	1+265.210	713212.917	9878322.407
20	Izq	17°46'36"	3.128	20.00	6.205	0.243	1+311.990	1+315.117	1+318.195	714411.557	9874659.499
21	Izq	179°32'39"	2596.775	10.30	32.37	2586.465	1+345.811	3+942.585	1+378.181	715952.141	9872531.013
22	Der	31°49'5"	5.701	20.00	11.107	0.797	1+401.613	1+407.313	1+412.719	714426.485	9874667.935
23	Der	179°55'37"	16509.394	10.50	33.036	16498.877	1+432.870	17+942.263	1+465.906	711210.108	9890887.344
24	Izq	52°35'43"	9.884	20.00	18.359	2.309	1+483.935	1+493.818	1+502.294	714447.557	9874670.025
25	Izq	41°40'5"	7.611	20.00	14.545	1.399	1+519.958	1+527.569	1+534.503	714479.126	9874654.549
26	Der	40°16'0"	7.332	20.00	14.056	1.302	1+567.824	1+575.157	1+581.880	714525.624	9874667.49
27	Izq	29°2'48"	5.181	20.00	10.139	0.660	1+626.268	1+631.449	1+636.407	714577.312	9874643.701
28	Izq	178°32'12"	833.876	10.65	33.186	823.294	1+655.576	2+489.452	1+688.762	715433.086	9874708.538
29	Der	52°18'36"	12.277	25.00	22.825	2.852	1+714.832	1+727.109	1+737.656	714561.957	9874664.877
30	Der	177°43'6"	512.191	10.20	31.638	502.093	1+772.707	2+284.898	1+804.345	714198.14	9875089.963
31	Izq	66°41'54"	13.162	20.00	23.282	3.942	1+827.209	1+840.371	1+850.491	714570.908	9874687.985
32	Der	44°42'26"	8.224	20.00	15.606	1.625	1+871.736	1+879.961	1+887.342	714611.085	9874702.243
33	Izq	76°21'47"	11.796	15.00	19.992	4.083	1+922.726	1+934.522	1+942.718	714661.229	9874678.681
34	Der	74°15'18"	11.356	15.00	19.44	3.814	1+965.868	1+977.224	1+985.308	714690.246	9874714.764
35	Izq	89°41'51"	53.716	54.00	84.538	22.167	2+005.059	2+058.775	2+089.597	714768.290	9874681.540
36	Der	48°6'57"	13.393	30.00	25.193	2.854	2+105.317	2+118.710	2+130.510	714801.136	9874757.578
37	Izq	34°16'2"	15.414	50.00	29.904	2.322	2+192.173	2+207.587	2+222.076	714886.919	9874786.318
38	Der	13°53'57"	6.095	50.00	12.129	0.370	2+251.369	2+257.464	2+263.499	714917.641	9874826.777
39	Izq	28°54'27"	7.733	30.00	15.136	0.981	2+299.092	2+306.825	2+314.228	714956.108	9874857.805
40	Der	15°41'11"	4.133	30.00	8.213	0.283	2+335.353	2+339.485	2+343.566	714968.574	9874888.348
41	Der	70°31'24"	17.676	25.00	30.772	5.618	2+375.127	2+392.803	2+405.899	715001.350	9874930.468
42	Izq	32°41'43"	17.599	60.00	34.239	2.528	2+451.512	2+469.111	2+485.750	715078.098	9874904.920
43	Der	47°22'4"	10.966	25.00	20.668	2.299	2+518.712	2+529.678	2+539.381	715137.723	9874920.100
44	Izq	165°51'38"	107.242	13.30	38.501	94.763	2+558.393	2+665.635	2+596.894	715252.696	9874845.195
45	Der	112°58'42"	30.204	20.00	39.437	16.226	2+607.485	2+637.689	2+646.922	715152.158	9874953.856
46	Izq	90°59'30"	20.349	20.00	31.762	8.532	2+736.778	2+757.128	2+768.541	715284.269	9875001.414
47	Izq	33°0'4"	8.887	30.00	17.279	1.289	2+800.203	2+809.089	2+817.482	715262.653	9875058.347

Fuente: Paola Cepeda, 2019

4.2 Alineamiento Vertical

El perfil vertical de una carretera es tan importante como el alineamiento horizontal y debe estar en relación directa con la velocidad de diseño, con las curvas horizontales y con las distancias de visibilidad. En ningún caso se debe sacrificar el perfil vertical para obtener buenos alineamientos horizontales. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 205).

- Gradientes de Diseño Máximas y Mínimas

En general, las gradientes a adoptarse dependen directamente de la topografía del terreno y deben tener valores bajos, en lo posible, a fin de permitir razonables velocidades de circulación y facilitar la operación de los vehículos. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 205). Las gradientes para el proyecto estarán establecidas bajo la siguiente tabla:

Tabla 40 Valores De Diseño De Las Gradientes Longitudinales Máximas

Clase De Carretera			Valor Recomendable			Valor Absoluto		
			L	O	M	L	O	M
R-Io	R-II >	8000 TPDA	2	3	4	3	4	6
I	3000 a	8000 TPDA	3	4	6	3	5	7
II	1000 a	3000 TPDA	3	4	7	4	6	8
III	300 a	1000 TPDA	4	6	7	6	7	9
IV	100 a	300 TPDA	5	6	8	6	8	12
V	Menos de	100 TPDA	5	6	8	6	8	14

Fuente MOP, Normas De Diseño Geométrico De Carreteras, 2003

Nuestro proyecto al tener una topografía escarpada el MOP establece que para caminos vecinales (Clase IV) se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 3% en terrenos montañosos, para longitudes menores a 750 m. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 469).

Es así que la gradiente máxima a obtenerse en el proyecto será del 15%.

La gradiente longitudinal mínima usual es de 0,5 por ciento. Se puede adoptar una gradiente de cero por ciento para el caso de rellenos de 1 metro de altura o más y cuando el pavimento tiene una gradiente transversal adecuada para drenar

lateralmente las aguas de lluvia. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 206).

- Curvas Verticales Cóncavas

Por motivos de seguridad, es necesario que las curvas verticales cóncavas sean lo suficientemente largas, de modo que la longitud de los rayos de luz de los faros de un vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de visibilidad necesaria para la parada de un vehículo. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 212). Para determinar la longitud de la curva vertical cóncava utilizaremos la siguiente ecuación establecido por las normas MOP 2003.

$$L = K A \quad \text{Ec. 22}$$

Dónde:

L = Longitud de curva vertical (m)

A = Diferencia Algebraica de pendientes (%)

k = Coeficiente de carretera curvas cóncavas

En la siguiente tabla se muestran los valores de “K” para las diferentes velocidades de diseño y para las varias clases de carretera, respectivamente.

Tabla 41 Valores De K Para Las Curvas Verticales Cóncavas

Velocidades De Diseño	Distancia de visibilidad parada (s) metros	Coeficiente $k=S^2/426$	
		Calculado	Redondeado
20	20	2.08	2
25	25	2.98	3
30	30	3.96	4
35	35	5.01	5
40	40	6.11	6
45	50	8.42	8
50	55	9.62	10
60	70	13.35	13
70	90	18.54	19
80	110	23.87	24
90	135	30.66	31
100	160	37.54	38
110	180	43.09	43
120	220	54.26	54

Fuente MOP, Normas De Diseño Geométrico De Carreteras, 2003

La longitud mínima está dada por la siguiente fórmula, estableciéndose una longitud mínima de curva vertical de 12 m:

$$L_{min} = 0.60 V_d \quad \text{Ec. 23}$$

Dónde:

L_{min} = Longitud mínima de curva vertical (m)

V_d = Velocidad de diseño (20 km/h)

$L_{min} = 12.00 \text{ m}$

4.2.1 Curvas Verticales Convexas

La longitud mínima de las curvas verticales se determina en base a los requerimientos de la distancia de visibilidad para parada de un vehículo, considerando una altura del ojo del conductor de 1,15 metros y una altura del objeto que se divisa sobre la carretera igual a 0,15 metros. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 208).

Esta longitud se expresa por la siguiente fórmula:

$$L = K A \quad \text{Ec. 24}$$

Dónde:

L = Longitud de curva vertical (m)

A = Diferencia Algebraica de pendientes (%)

k = Coeficiente de carretera curvas convexas

En la siguiente tabla se muestran los valores de “K” para las diferentes velocidades de diseño y para las varias clases de carretera, respectivamente.

Tabla 42 Valores De K Para Las Curvas Verticales Convexa

Velocidades De Diseño	Distancia de visibilidad parada (s) metros	Coeficiente $K=S^2/426$	
		Calculado	Redondeado
20	20	0.94	1
25	25	1.47	2
30	30	2.11	2
35	35	2.88	3

Velocidades De Diseño	Distancia de visibilidad parada (s) metros	Coeficiente K=S2/426	
		Calculado	Redondeado
40	40	3.76	4
45	50	5.87	6
50	55	7.1	7
60	70	11.5	12
70	90	19.01	19
80	110	28.4	28
90	135	42.78	43
100	160	60.09	60
110	180	76.06	80
120	220	113.62	115

Fuente MOP, Normas De Diseño Geométrico De Carreteras, 2003

La longitud mínima está dada por la siguiente fórmula, estableciéndose una longitud mínima de curva vertical de 12 m:

$$L_{min} = 0.60 Vd$$

Ec. 25

Dónde:

L. min = Longitud mínima de curva vertical (m)

Vd = Velocidad de diseño (20 km/h)

L. min = 12.00 m

4.2.2 Resultado Obtenidos del Diseño Vertical

Tabla 43 Cuadro de Curvas Verticales obtenidas Del Diseño

VERT. VPI	Abscisa	Elevación	Pendiente %	Distancia
	0+000.000	1577.290	-7.52	36.962
1	0+036.962	1574.510	-5.66	181.040
2	0+218.002	1564.271	-4.74	164.461
3	0+382.463	1556.470	2.2	96.153
4	0+478.615	1558.581	-10.67	79.261
5	0+557.877	1550.123	-0.96	90.800
6	0+648.677	1549.250	-9.29	57.767
7	0+706.444	1543.882	-5.08	75.489
8	0+781.933	1540.048	-12.28	300.285
9	1+082.218	1503.176	-14.27	185.168
10	1+267.386	1476.759	-14.8	201.581
11	1+468.967	1446.916	-13.75	184.862
12	1+653.829	1421.498	-9.99	194.031
13	1+847.860	1402.116	-14.81	210.376
14	2+058.236	1370.965	-8.11	143.848
15	2+202.084	1359.306	0.81	144.143

VERT. VPI	Abscisa	Elevación	Pendiente %	Distancia
16	2+346.228	1360.477	-14.38	112.336
17	2+458.564	1344.328	-4.99	71.436
18	2+530.000	1340.760	-14.05	128.667
19	2+658.667	1322.687	-2.32	151.333
20	2+810.000	1319.179	4.55	36.533
EOP	2+846.533	1320.840		

Fuente: Paola Cepeda, 2019

CURVA NÚMERO 1

Datos De Curva Vertical

L = 35.000

K = 18.775

E = 0.082

	Abscisa	Elevación
VPC	19.462	1575.826
VPI	36.962	1574.592
VPT	54.462	1573.520

CURVA NÚMERO 2

Datos De Curva Vertical

L = 40.000

K = 43.853

E = 0.046

	Abscisa	Elevación
VPC	198.002	1565.402
VPI	218.002	1564.317
VPT	238.002	1563.322

CURVA NÚMERO 3

Datos De Curva Vertical

L = 40.000

K = 5.764

E = 0.347

	Abscisa	Elevación
VPC	362.463	1557.418
VPI	382.463	1556.817
VPT	402.463	1556.909

CURVA NÚMERO 4

Datos De Curva Vertical

L = 90.000

K = 6.994

E = -1.448

CURVA NÚMERO 11

Datos De Curva Vertical

L = 40.000

K = 37.924

E = 0.053

	Abscisa	Elevación
VPC	1448.967	1449.877
VPI	1468.967	1446.969
VPT	1488.967	1444.166

CURVA NÚMERO 12

Datos De Curva Vertical

L = 50.000

K = 13.294

E = 0.235

	Abscisa	Elevación
VPC	1628.829	1424.935
VPI	1653.829	1421.733
VPT	1678.829	1419.000

CURVA NÚMERO 13

Datos De Curva Vertical

L = 50.000

K = 10.376

E = -0.301

	Abscisa	Elevación
VPC	1822.860	1404.614
VPI	1847.860	1401.815
VPT	1872.860	1398.415

CURVA NÚMERO 14

Datos De Curva Vertical

L = 50.000

K = 7.461

E = 0.419

	Abscisa	Elevación
VPC	433.615	1557.593
VPI	478.615	1557.133
VPT	523.615	1553.779

CURVA NÚMERO 5

Datos De Curva Vertical

L = 30.000

K = 3.089

E = 0.364

	Abscisa	Elevación
VPC	542.877	1551.723
VPI	557.877	1550.487
VPT	572.877	1549.979

CURVA NÚMERO 6

Datos De Curva Vertical

L = 50.000

K = 6.001

E = -0.521

	abscisa	elevación
VPC	623.677	1549.490
VPI	648.677	1548.729
VPT	673.677	1546.927

CURVA NÚMERO 7

Datos De Curva Vertical

L = 30.000

K = 7.120

E = 0.158

	Abscisa	Elevación
VPC	691.444	1545.276
VPI	706.444	1544.040
VPT	721.444	1543.120

CURVA NÚMERO 8

Datos De Curva Vertical

L = 30.000

K = 4.167

E = -0.270

	Abscisa	Elevación
VPC	766.933	1540.810
VPI	781.933	1539.778
VPT	796.933	1538.206

	Abscisa	Elevación
VPC	2033.236	1374.667
VPI	2058.236	1371.384
VPT	2083.236	1368.939

CURVA NÚMERO 15

Datos De Curva Vertical

L = 50.000

K = 5.607

E = 0.557

	Abscisa	Elevación
VPC	2177.084	1361.332
VPI	2202.084	1359.863
VPT	2227.084	1359.509

CURVA NÚMERO 16

Datos De Curva Vertical

L = 50.000

K = 3.292

E = -0.949

	Abscisa	Elevación
VPC	2321.228	1360.274
VPI	2346.228	1359.528
VPT	2371.228	1356.883

CURVA NÚMERO 17

Datos De Curva Vertical

L = 50.000

K = 5.330

E = 0.586

	Abscisa	Elevación
VPC	2433.564	1347.922
VPI	2458.564	1344.914
VPT	2483.564	1343.079

CURVA NÚMERO 18

Datos De Curva Vertical

L = 20.000

K = 2.209

E = -0.226

	Abscisa	Elevación
VPC	2520.000	1341.259
VPI	2530.000	1340.534
VPT	2540.000	1339.355

CURVA NÚMERO 9

Datos De Curva Vertical

L = 100.000

K = 50.326

E = -0.248

	Abscisa	Elevación
VPC	1032.218	1509.315
VPI	1082.218	1502.927
VPT	1132.218	1496.042

CURVA NÚMERO 10

Datos De Curva Vertical

L = 100.000

K = 185.718

E = -0.067

	Abscisa	Elevación
VPC	1217.386	1483.892
VPI	1267.386	1476.692
VPT	1317.386	1469.357

CURVA NÚMERO 19

Datos De Curva Vertical

L = 20.000

K = 1.705

E = 0.293

	Abscisa	Elevación
VPC	2648.667	1324.091
VPI	2658.667	1322.980
VPT	2668.667	1322.455

CURVA NÚMERO 20

Datos De Curva Vertical

L = 30.000

K = 4.370

E = 0.257

	Abscisa	Elevación
VPC	2795.000	1319.527
VPI	2810.000	1319.436
VPT	2825.000	1319.861

En el **ANEXO N° 5: Planos De Diseño Vial**, se muestra el diseño vial tanto en planta como en perfil, con su respectiva sección típica, simbología, cuadro de curvas circulares etc. y en el **ANEXO N° 6: Secciones Transversales del Diseño Vial**, se detallan todas las secciones transversales a lo largo de la vía en estudio las mismas que se encuentran corridas cada 20m en tangentes y cada 5m en curvas, cada una de estas con su respectivo peralte y sobre ancho.

4.3 Volúmenes - Movimiento de tierra

Para los cálculos de volúmenes del movimiento de tierra el método más usado es el de método de los perfiles transversales y está especialmente indicado en obras de desarrollo lineal como caminos, canales, etc. Este método se basa en la fórmula de Simpson para el cálculo del volumen del prisma. (GUEVARA-MARTÍNEZ, 2015, p. 45). El volumen del prisma es el valor comprendido entre dos bases planas paralelas y su fórmula de cálculo es:

$$Vp = \frac{1}{2}(A1 + A2) * L$$

Dónde:

V_p = Volumen del prisma (m^3)

A_1 = Área #1 de la primera sección transversal (m^2)

A_2 = Área #2 de la segunda sección transversal (m^2)

L = Distancia entre secciones transversales (m)

Para este método los perfiles transversales pueden ser de corte, a media ladera y terraplén además las distintas combinaciones que se puedan realizar entre ellos.

Este es el resultado de la sección tipo ingresada en el proyecto con el fin de llevar la cuantificación de los volúmenes de corte y relleno; los cuales se presentan en la siguiente tabla de una forma ordenada.

Tabla 44 Volúmenes de corte y relleno

Abscisa	Corte	Relleno	C. Masa	Abscisa	Corte	Relleno	C. Masa	Abscisa	Corte	Relleno	C. Masa
m	m3	m3	m3 (A-B)	m	m3	m3	m3 (A-B)	m	m3	m3	m3 (A-B)
0+000.000	0.000	0.000	0.000	0+970.000	105.981	0.062	7765.632	1+880.000	97.244	0.000	21194.768
0+006.934	35.251	0.230	35.021	0+980.000	155.107	0.730	7920.009	1+885.000	108.816	0.000	21303.584
0+010.000	20.780	0.000	55.801	0+984.092	95.486	0.709	8014.786	1+887.342	55.320	0.000	21358.904
0+015.000	30.256	0.000	86.057	0+985.000	33.047	0.129	8047.704	1+890.000	66.282	0.000	21425.186
0+020.000	22.741	0.000	108.798	0+990.000	205.118	0.359	8252.463	1+900.000	288.472	0.000	21713.658
0+025.000	17.138	0.000	125.936	0+995.000	160.549	0.025	8412.987	1+910.000	317.517	0.000	22031.175
0+028.253	9.264	0.000	135.200	1+000.000	73.310	0.000	8486.297	1+920.000	290.103	0.000	22321.278
0+030.000	4.546	0.000	139.746	1+005.000	41.264	0.000	8527.561	1+922.726	72.257	0.000	22393.535
0+040.000	28.716	0.000	168.462	1+010.000	38.637	0.000	8566.198	1+925.000	60.442	0.000	22453.977
0+050.000	32.046	0.000	200.508	1+015.000	29.212	15.798	8579.612	1+930.000	130.117	0.000	22584.094
0+060.000	35.909	0.000	236.417	1+020.000	13.905	41.256	8552.261	1+935.000	120.688	0.000	22704.782
0+070.000	40.950	0.000	277.367	1+020.600	1.053	6.146	8547.168	1+940.000	114.052	0.000	22818.834
0+080.000	43.162	0.000	320.529	1+030.000	21.354	64.302	8504.220	1+942.718	56.861	0.000	22875.695
0+081.639	7.169	0.000	327.698	1+040.000	14.564	89.362	8429.422	1+950.000	134.107	0.000	23009.802
0+085.000	15.915	0.000	343.613	1+050.000	13.694	104.491	8338.625	1+960.000	205.748	0.000	23215.550
0+090.000	24.249	0.000	367.862	1+060.000	42.571	43.963	8337.233	1+965.868	99.799	0.000	23315.349
0+095.000	22.724	0.000	390.586	1+060.488	3.142	0.304	8340.071	1+970.000	44.126	0.000	23359.475
0+098.607	16.296	0.000	406.882	1+065.000	34.283	1.134	8373.220	1+975.000	47.093	0.000	23406.568
0+100.000	6.279	0.000	413.161	1+070.000	43.499	0.060	8416.659	1+980.000	40.766	0.000	23447.334
0+110.000	38.219	0.000	451.380	1+071.850	16.256	0.075	8432.840	1+985.000	34.962	4.018	23478.278
0+120.000	36.207	0.000	487.587	1+080.000	76.559	0.218	8509.181	1+985.308	1.962	0.500	23479.740
0+130.000	44.081	0.000	531.668	1+090.000	101.317	0.000	8610.498	1+990.000	28.207	4.275	23503.672
0+133.757	19.479	0.000	551.147	1+097.103	70.629	0.086	8681.041	2+000.000	51.612	20.078	23535.206
0+135.000	7.139	0.000	558.286	1+100.000	28.013	0.032	8709.022	2+005.059	30.356	10.461	23555.101

Abscisa	Corte	Relleno	C. Masa	Abscisa	Corte	Relleno	C. Masa	Abscisa	Corte	Relleno	C. Masa
m	m3	m3	m3 (A-B)	m	m3	m3	m3 (A-B)	m	m3	m3	m3 (A-B)
0+140.000	32.516	0.000	590.802	1+105.000	48.827	0.000	8757.849	2+010.000	45.485	1.309	23599.277
0+145.000	33.360	0.000	624.162	1+110.000	48.785	0.000	8806.634	2+015.000	53.955	0.023	23653.209
0+150.000	28.498	0.000	652.660	1+115.000	50.092	0.000	8856.726	2+020.000	38.969	0.065	23692.113
0+155.000	23.636	0.000	676.296	1+120.000	51.893	0.000	8908.619	2+025.000	17.032	0.081	23709.064
0+160.000	18.856	0.000	695.152	1+125.000	43.975	0.000	8952.594	2+030.000	8.154	0.480	23716.738
0+165.000	15.781	0.000	710.933	1+130.000	28.121	0.002	8980.713	2+035.000	6.128	15.413	23707.453
0+170.000	15.044	0.065	725.912	1+135.000	14.728	0.354	8995.087	2+040.000	4.394	25.416	23686.431
0+175.000	15.319	0.847	740.384	1+140.000	7.054	5.296	8996.845	2+045.000	2.754	17.428	23671.757
0+180.000	16.628	2.975	754.037	1+145.000	3.571	15.623	8984.793	2+050.000	1.245	15.391	23657.611
0+182.864	10.844	1.257	763.624	1+150.000	1.718	27.435	8959.076	2+055.000	0.269	17.839	23640.041
0+190.000	32.451	0.000	796.075	1+155.000	2.060	44.445	8916.691	2+060.000	0.005	14.428	23625.618
0+200.000	59.824	0.000	855.899	1+160.000	3.639	46.683	8873.647	2+065.000	0.001	11.661	23613.958
0+200.245	1.708	0.000	857.607	1+163.783	4.324	29.216	8848.755	2+070.000	0.021	14.649	23599.330
0+205.000	33.304	0.000	890.911	1+170.000	8.654	51.515	8805.894	2+075.000	1.994	12.822	23588.502
0+210.000	35.882	0.000	926.793	1+180.000	39.215	77.300	8767.809	2+080.000	7.582	5.273	23590.811
0+215.000	36.549	0.000	963.342	1+190.000	84.344	62.107	8790.046	2+085.000	22.077	0.443	23612.445
0+220.000	36.192	0.000	999.534	1+190.351	3.720	1.884	8791.882	2+089.597	38.503	0.009	23650.939
0+225.000	34.437	0.000	1033.971	1+195.000	51.940	25.047	8818.775	2+090.000	3.961	0.000	23654.900
0+225.651	4.290	0.000	1038.261	1+195.547	7.151	2.713	8823.213	2+100.000	89.908	0.000	23744.808
0+230.000	27.525	0.000	1065.786	1+200.000	79.331	17.725	8884.819	2+105.317	34.652	3.203	23776.257
0+240.000	61.795	0.000	1127.581	1+210.000	253.324	25.338	9112.805	2+110.000	20.278	3.893	23792.642
0+250.000	64.561	0.000	1192.142	1+220.000	380.232	10.549	9482.488	2+115.000	12.831	2.654	23802.819
0+260.000	80.681	0.000	1272.823	1+230.000	557.474	3.283	10036.679	2+120.000	4.307	5.420	23801.706
0+270.000	88.552	0.000	1361.375	1+232.188	153.227	0.311	10189.595	2+125.000	1.251	8.733	23794.224

Abscisa	Corte	Relleno	C. Masa	Abscisa	Corte	Relleno	C. Masa	Abscisa	Corte	Relleno	C. Masa
m	m3	m3	m3 (A-B)	m	m3	m3	m3 (A-B)	m	m3	m3	m3 (A-B)
0+280.000	75.047	0.000	1436.422	1+235.000	292.947	0.106	10482.436	2+130.000	13.139	11.521	23795.842
0+290.000	55.892	18.032	1474.282	1+240.000	400.745	0.022	10883.159	2+130.510	2.717	1.241	23797.318
0+297.040	34.821	16.582	1492.521	1+245.000	156.012	0.000	11039.171	2+140.000	47.119	16.972	23827.465
0+300.000	16.621	1.857	1507.285	1+250.000	61.867	0.000	11101.038	2+150.000	66.361	7.585	23886.241
0+305.000	31.918	0.550	1538.653	1+255.000	44.370	0.000	11145.408	2+160.000	108.371	1.521	23993.091
0+310.000	37.955	0.000	1576.608	1+260.000	50.590	0.000	11195.998	2+170.000	105.992	0.904	24098.179
0+315.000	42.461	0.000	1619.069	1+265.000	53.110	11.825	11237.283	2+180.000	75.228	0.984	24172.423
0+320.000	44.349	0.000	1663.418	1+265.210	2.046	0.539	11238.790	2+190.000	40.161	1.531	24211.053
0+325.000	44.877	0.000	1708.295	1+270.000	37.168	11.457	11264.501	2+192.173	3.502	0.770	24213.785
0+330.000	44.997	0.000	1753.292	1+280.000	51.487	57.567	11258.421	2+195.000	3.237	1.075	24215.947
0+331.935	17.057	0.000	1770.349	1+290.000	74.276	45.999	11286.698	2+200.000	6.307	1.237	24221.017
0+340.000	62.409	0.000	1832.758	1+300.000	104.355	11.974	11379.079	2+205.000	8.526	0.668	24228.875
0+346.459	42.255	0.000	1875.013	1+310.000	123.938	1.378	11501.639	2+210.000	14.030	0.269	24242.636
0+350.000	23.678	0.000	1898.691	1+311.990	26.863	0.000	11528.502	2+215.000	21.145	0.017	24263.764
0+355.000	38.704	0.000	1937.395	1+315.000	40.906	0.000	11569.408	2+220.000	25.688	0.000	24289.452
0+360.000	39.906	0.000	1977.301	1+318.195	39.683	0.000	11609.091	2+222.076	11.702	0.000	24301.154
0+365.000	32.639	0.000	2009.940	1+320.000	20.402	0.000	11629.493	2+230.000	52.674	0.000	24353.828
0+370.000	21.772	6.734	2024.978	1+330.000	104.517	0.000	11734.010	2+240.000	104.401	0.000	24458.229
0+375.000	15.959	10.985	2029.952	1+340.000	128.324	0.000	11862.334	2+250.000	162.224	0.000	24620.453
0+380.000	16.656	4.252	2042.356	1+345.811	111.917	0.000	11974.251	2+251.369	26.474	0.000	24646.927
0+385.000	16.511	4.588	2054.279	1+350.000	125.362	0.000	12099.613	2+255.000	72.879	0.000	24719.806
0+389.832	15.899	4.441	2065.737	1+355.000	138.498	0.000	12238.111	2+260.000	116.798	0.000	24836.604
0+390.000	0.583	0.000	2066.320	1+360.000	84.697	0.000	12322.808	2+263.499	94.553	0.000	24931.157
0+400.000	42.497	0.006	2108.811	1+365.000	56.842	0.000	12379.650	2+270.000	198.772	0.000	25129.929

Abscisa	Corte	Relleno	C. Masa	Abscisa	Corte	Relleno	C. Masa	Abscisa	Corte	Relleno	C. Masa
m	m3	m3	m3 (A-B)	m	m3	m3	m3 (A-B)	m	m3	m3	m3 (A-B)
0+410.000	58.883	0.000	2167.694	1+370.000	57.008	0.000	12436.658	2+280.000	326.436	0.000	25456.365
0+413.294	22.589	0.000	2190.283	1+375.000	52.287	1.847	12487.098	2+290.000	273.754	0.000	25730.119
0+415.000	12.179	0.000	2202.462	1+378.181	25.078	5.831	12506.345	2+299.092	141.382	0.000	25871.501
0+420.000	37.506	0.000	2239.968	1+380.000	13.570	3.800	12516.115	2+300.000	9.185	0.000	25880.686
0+425.000	37.892	0.834	2277.026	1+390.000	70.713	23.542	12563.286	2+305.000	33.921	0.000	25914.607
0+430.000	50.328	0.834	2326.520	1+400.000	90.504	13.691	12640.099	2+310.000	25.832	0.005	25940.434
0+435.000	78.515	0.000	2405.035	1+401.613	19.448	0.000	12659.547	2+314.228	27.710	0.009	25968.135
0+440.000	114.124	0.000	2519.159	1+405.000	55.743	0.000	12715.290	2+320.000	40.048	0.014	26008.169
0+442.483	70.390	0.000	2589.549	1+410.000	114.499	0.000	12829.789	2+330.000	91.299	0.011	26099.457
0+450.000	221.746	0.009	2811.286	1+412.719	70.999	0.000	12900.788	2+335.353	60.057	0.000	26159.514
0+460.000	262.158	0.106	3073.338	1+420.000	155.327	0.000	13056.115	2+340.000	53.503	0.000	26213.017
0+470.000	166.933	0.094	3240.177	1+430.000	193.833	0.000	13249.948	2+343.566	44.992	0.000	26258.009
0+480.000	84.262	0.000	3324.439	1+432.870	62.663	0.000	13312.611	2+350.000	101.724	0.000	26359.733
0+490.000	55.517	0.004	3379.952	1+435.000	61.595	0.000	13374.206	2+360.000	223.899	0.000	26583.632
0+500.000	54.054	0.445	3433.561	1+440.000	138.892	0.000	13513.098	2+370.000	364.725	0.000	26948.357
0+510.000	81.906	0.441	3515.026	1+445.000	108.838	0.000	13621.936	2+375.127	259.263	0.000	27207.620
0+520.000	140.568	0.000	3655.594	1+450.000	64.960	0.000	13686.896	2+380.000	242.449	0.000	27450.069
0+520.821	13.905	0.000	3669.499	1+455.000	20.637	32.038	13675.495	2+385.000	224.585	0.000	27674.654
0+525.000	54.185	0.000	3723.684	1+460.000	6.004	80.107	13601.392	2+390.000	190.791	0.000	27865.445
0+530.000	43.186	0.000	3766.870	1+465.000	11.334	82.674	13530.052	2+395.000	162.299	0.000	28027.744
0+535.000	28.938	0.000	3795.808	1+465.906	2.698	11.649	13521.101	2+400.000	144.810	0.000	28172.554
0+535.565	3.069	0.000	3798.877	1+470.000	30.600	24.968	13526.733	2+405.000	131.463	0.000	28304.017
0+540.000	29.200	0.000	3828.077	1+480.000	128.830	13.827	13641.736	2+405.899	22.244	0.000	28326.261
0+550.000	56.048	0.000	3884.125	1+483.935	68.246	1.237	13708.745	2+410.000	101.939	0.000	28428.200

Abscisa	Corte	Relleno	C. Masa	Abscisa	Corte	Relleno	C. Masa	Abscisa	Corte	Relleno	C. Masa
m	m3	m3	m3 (A-B)	m	m3	m3	m3 (A-B)	m	m3	m3	m3 (A-B)
0+552.348	9.613	0.000	3893.738	1+485.000	21.806	0.000	13730.551	2+420.000	266.687	0.000	28694.887
0+555.000	10.889	0.004	3904.623	1+490.000	107.008	0.000	13837.559	2+430.000	261.585	0.000	28956.472
0+560.000	15.086	0.066	3919.643	1+495.000	110.681	0.000	13948.240	2+440.000	204.739	0.000	29161.211
0+565.000	15.755	0.289	3935.109	1+500.000	111.558	0.000	14059.798	2+450.000	124.993	14.052	29272.152
0+570.000	18.452	3.501	3950.060	1+502.294	51.031	0.000	14110.829	2+451.512	10.565	4.806	29277.911
0+575.000	19.908	3.780	3966.188	1+510.000	160.752	0.000	14271.581	2+455.000	22.254	13.044	29287.121
0+580.000	25.507	0.557	3991.138	1+519.958	186.208	0.000	14457.789	2+460.000	31.863	17.738	29301.246
0+583.063	16.369	0.045	4007.462	1+520.000	0.763	0.000	14458.552	2+465.000	27.331	12.091	29316.486
0+590.000	33.459	0.039	4040.882	1+525.000	88.020	0.000	14546.572	2+470.000	21.828	5.450	29332.864
0+600.000	48.297	0.000	4089.179	1+530.000	73.888	0.000	14620.460	2+475.000	21.223	0.630	29353.457
0+610.000	49.940	0.000	4139.119	1+534.503	52.993	0.000	14673.453	2+480.000	23.942	0.048	29377.351
0+620.000	50.649	0.000	4189.768	1+540.000	56.877	0.000	14730.330	2+485.000	26.735	0.078	29404.008
0+624.055	20.962	0.000	4210.730	1+550.000	93.234	0.000	14823.564	2+485.750	3.822	0.016	29407.814
0+625.000	4.923	0.000	4215.653	1+560.000	144.512	0.000	14968.076	2+490.000	18.322	0.766	29425.370
0+630.000	31.057	0.000	4246.710	1+567.824	129.690	0.000	15097.766	2+500.000	34.808	1.986	29458.192
0+635.000	39.551	0.000	4286.261	1+570.000	25.684	0.000	15123.450	2+510.000	45.084	0.370	29502.906
0+640.000	49.178	0.000	4335.439	1+575.000	54.682	0.000	15178.132	2+518.712	48.677	0.056	29551.527
0+645.000	51.464	0.000	4386.903	1+580.000	54.496	0.000	15232.628	2+520.000	6.280	0.000	29557.807
0+650.000	47.353	0.000	4434.256	1+581.880	19.917	0.000	15252.545	2+525.000	22.052	0.000	29579.859
0+653.311	31.939	0.000	4466.195	1+590.000	79.172	0.000	15331.717	2+530.000	18.244	0.000	29598.103
0+660.000	69.048	0.000	4535.243	1+600.000	81.555	0.187	15413.085	2+535.000	19.101	0.000	29617.204
0+670.000	79.851	3.966	4611.128	1+610.000	55.605	4.077	15464.613	2+539.381	17.021	0.000	29634.225
0+680.000	61.584	3.966	4668.746	1+620.000	38.130	4.619	15498.124	2+540.000	2.125	0.000	29636.350
0+683.797	26.132	0.000	4694.878	1+626.268	27.727	0.553	15525.298	2+550.000	39.302	0.006	29675.646

Abscisa	Corte	Relleno	C. Masa	Abscisa	Corte	Relleno	C. Masa	Abscisa	Corte	Relleno	C. Masa
m	m3	m3	m3 (A-B)	m	m3	m3	m3 (A-B)	m	m3	m3	m3 (A-B)
0+685.000	8.386	0.000	4703.264	1+630.000	32.888	0.054	15558.132	2+558.393	64.612	0.204	29740.054
0+690.000	34.824	0.000	4738.088	1+635.000	89.203	0.009	15647.326	2+560.000	25.051	0.042	29765.063
0+695.000	34.440	0.000	4772.528	1+636.407	33.476	0.000	15680.802	2+565.000	100.189	0.051	29865.201
0+700.000	33.536	0.000	4806.064	1+640.000	82.463	0.000	15763.265	2+570.000	91.863	0.004	29957.060
0+705.000	28.591	0.000	4834.655	1+650.000	244.355	0.016	16007.604	2+575.000	46.198	0.000	30003.258
0+710.000	29.594	0.000	4864.249	1+655.576	141.508	0.009	16149.103	2+580.000	18.776	0.002	30022.032
0+715.000	32.029	0.000	4896.278	1+660.000	124.358	0.000	16273.461	2+585.000	17.302	3.816	30035.518
0+720.000	28.149	0.000	4924.427	1+665.000	88.114	0.000	16361.575	2+590.000	18.802	6.834	30047.486
0+725.000	26.708	0.000	4951.135	1+670.000	33.749	0.222	16395.102	2+595.000	30.551	4.547	30073.490
0+730.000	28.157	0.000	4979.292	1+675.000	28.355	0.222	16423.235	2+596.894	15.617	0.902	30088.205
0+734.263	28.580	0.000	5007.872	1+680.000	34.552	35.402	16422.385	2+600.000	21.352	1.382	30108.175
0+740.000	59.484	0.000	5067.356	1+685.000	23.532	59.116	16386.801	2+607.485	26.115	5.672	30128.618
0+750.000	153.886	0.000	5221.242	1+688.762	15.570	29.942	16372.429	2+610.000	1.037	2.823	30126.832
0+760.000	159.814	0.000	5381.056	1+690.000	8.106	5.781	16374.754	2+615.000	2.736	5.932	30123.636
0+770.000	124.176	0.000	5505.232	1+700.000	71.283	39.369	16406.668	2+620.000	3.447	4.805	30122.278
0+780.000	77.415	0.000	5582.647	1+710.000	85.868	36.164	16456.372	2+625.000	3.902	2.816	30123.364
0+790.000	42.592	0.332	5624.907	1+714.832	58.141	13.532	16500.981	2+630.000	4.339	1.209	30126.494
0+790.529	1.948	0.018	5626.837	1+715.000	2.471	0.256	16503.196	2+635.000	5.879	0.355	30132.018
0+795.000	15.686	0.477	5642.046	1+720.000	90.191	3.411	16589.976	2+640.000	8.771	0.160	30140.629
0+800.000	17.066	1.156	5657.956	1+725.000	115.083	0.000	16705.059	2+645.000	10.980	0.140	30151.469
0+805.000	17.661	0.823	5674.794	1+730.000	144.156	0.000	16849.215	2+646.922	4.207	0.034	30155.642
0+810.000	21.262	0.201	5695.855	1+735.000	173.235	0.000	17022.450	2+650.000	6.198	0.021	30161.819
0+815.000	27.499	0.000	5723.354	1+737.656	102.614	0.000	17125.064	2+660.000	16.228	15.710	30162.337
0+820.000	46.413	0.000	5769.767	1+740.000	90.685	0.000	17215.749	2+670.000	16.719	39.974	30139.082

Abcisa	Corte	Relleno	C. Masa	Abcisa	Corte	Relleno	C. Masa	Abcisa	Corte	Relleno	C. Masa
m	m3	m3	m3 (A-B)	m	m3	m3	m3 (A-B)	m	m3	m3	m3 (A-B)
0+825.000	57.572	0.000	5827.339	1+750.000	417.312	0.000	17633.061	2+680.000	21.063	41.843	30118.302
0+830.000	63.718	0.000	5891.057	1+760.000	515.928	0.000	18148.989	2+690.000	23.628	35.671	30106.259
0+835.000	75.086	0.000	5966.143	1+770.000	608.469	0.000	18757.458	2+700.000	30.625	31.587	30105.297
0+840.000	60.759	0.000	6026.902	1+772.707	170.616	0.000	18928.074	2+710.000	42.861	13.496	30134.662
0+845.000	34.165	8.294	6052.773	1+775.000	158.442	0.000	19086.516	2+720.000	55.571	0.000	30190.233
0+850.000	1.460	3.305	6045.613	1+785.000	230.089	0.000	19599.199	2+736.778	55.140	0.000	30313.593
0+860.000	40.017	53.069	6032.561	1+790.000	230.824	0.000	19830.023	2+740.000	28.534	0.000	30342.127
0+870.000	80.585	15.950	6097.196	1+795.000	213.638	0.000	20043.661	2+760.000	38.788	1.242	30504.389
0+875.824	96.997	0.000	6194.193	1+800.000	190.865	0.000	20234.526	2+765.000	38.691	1.242	30541.838
0+880.000	113.663	0.000	6307.856	1+804.345	127.823	0.000	20362.349	2+768.541	29.764	0.000	30571.602
0+885.000	166.804	0.000	6474.660	1+810.000	124.226	0.552	20486.023	2+770.000	12.396	0.000	30583.998
0+890.000	163.477	0.000	6638.137	1+820.000	110.282	51.055	20545.250	2+780.000	88.059	0.000	30672.057
0+893.865	102.924	0.000	6741.061	1+827.209	47.613	89.629	20503.234	2+790.000	90.206	0.000	30762.263
0+900.000	119.347	0.000	6860.408	1+830.000	31.776	22.943	20512.067	2+800.000	67.110	0.000	30829.373
0+910.000	150.483	0.000	7010.891	1+835.000	67.671	17.483	20562.255	2+800.203	0.896	0.000	30830.269
0+920.000	141.312	0.000	7152.203	1+840.000	68.899	3.181	20627.973	2+805.000	16.437	0.000	30846.706
0+927.629	106.817	0.000	7259.020	1+845.000	63.813	0.000	20691.786	2+810.000	12.959	0.000	30859.665
0+930.000	30.861	0.000	7289.881	1+850.000	57.689	2.094	20747.381	2+815.000	16.701	0.000	30876.366
0+935.000	64.461	0.000	7354.342	1+850.491	5.275	0.460	20752.196	2+817.482	10.245	0.000	30886.611
0+937.821	36.202	0.000	7390.544	1+860.000	114.510	6.142	20860.564	2+820.000	10.203	0.000	30896.814
0+940.000	28.189	0.000	7418.733	1+870.000	150.600	0.000	21011.164	2+830.000	29.866	0.000	30926.680
0+950.000	128.435	0.000	7547.168	1+871.736	28.845	0.000	21040.009	2+840.000	25.810	0.000	30952.490
0+960.000	112.545	0.000	7659.713	1+875.000	57.515	0.000	21097.524	2+843.305	5.146	0.000	30957.636

Fuente: Paola Cepeda, 2019

4.4 Curva de Masas

La curva de masas es una gráfica dibujada en ejes cartesianos en el cual se representa el resultado de la acumulación de volúmenes de cortes y rellenos, dibujados en el eje de las abscisas los volúmenes de acumulación obtenidos y en el eje de las ordenadas las distancias horizontales. (GUEVARA-MARTÍNEZ, 2015, p. 50).

El botadero a utilizarse será el del Corazón ubicado a una distancia de 1.8 km del eje centro de gravedad del proyecto, este botadero cuenta con la suficiente capacidad para el desalojo de tierras a producirse en el proyecto de estudio.

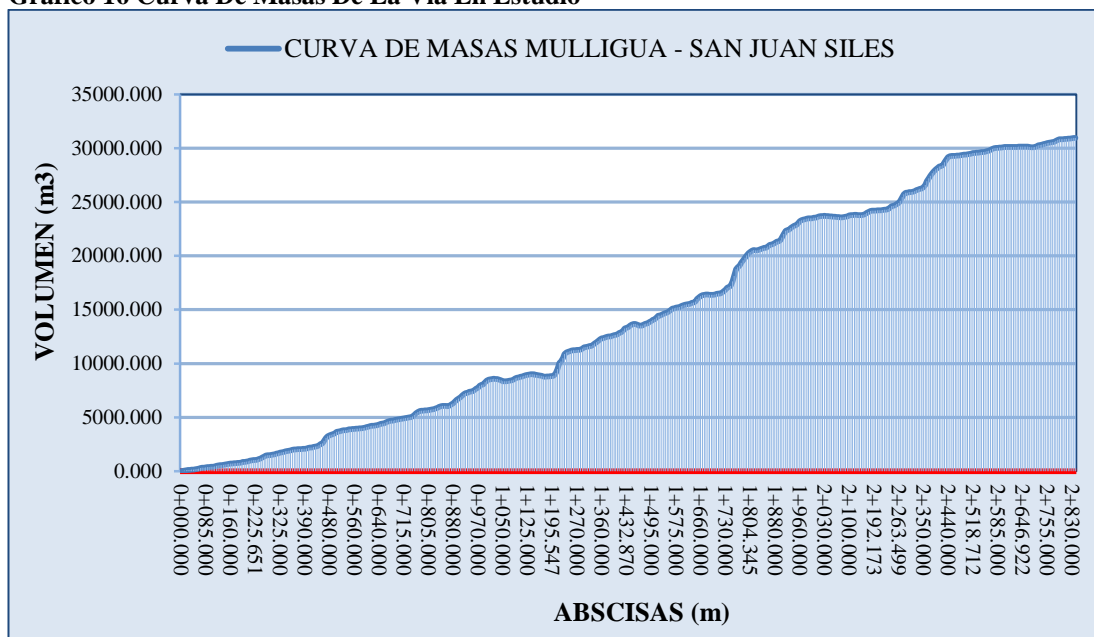
Gráfico 15 Botadero el Corazón – botadero del proyecto



Fuente: Paola Cepeda, 2019

Se utiliza la curva de masas para comparar alternativas y escoger la subrasante más económica, para seleccionar el equipo más económico, determinar los sobre acarreo y selección adecuada de los bancos de préstamo, determinar las distancias y pendientes de acarreo. (GUEVARA-MARTÍNEZ, 2015, p. 48)

Gráfico 16 Curva De Masas De La Vía En Estudio



Fuente: Paola Cepeda, 2019

CAPITULO V

5 Estudio Geológico Geotécnico Vial – Diseño Estructura De Pavimento

Para el presente proyecto se procedió con la descripción de las características geológicas actuales a la cual se encuentra asentado el proyecto en estudio, esto mediante el uso de información del Mapa Geológico (Quevedo-CT-NIV-B) escala 1/50000 emitida por el INIGEMM (Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero y Metalúrgico); y para las descripción geotécnica se realizaron en campo estudio de suelos para establecer los valores de CBR (*California Bearing Ratio*), cuyos resultados en base a las normas establecidas por el MOP-001-F 2002 permitirá determinar los espesores necesarios de cada uno de los elementos que constituirán la estructura de pavimento a lo largo de toda la vía de diseño.

5.1 Análisis geológico de la zona de estudio

5.1.1 Estado Actual y Ubicación del proyecto

La vía que corresponde al presente estudio se encuentra ubicado en la Provincia de Cotopaxi, en el cantón Pangua, en la parroquia El corazón.

Tabla 45 Ubicación Del Proyecto

Inicio Vía Poblado Mulligua			Fin Vía Poblado San Juan Siles		
Este (m)	Norte (m)	Elevación (m.s.n.m)	Este (m)	Norte (m)	Elevación (m.s.n.m)
713999.8043	9874674.566	1555.410	715234.647	9875078.851	1320.470

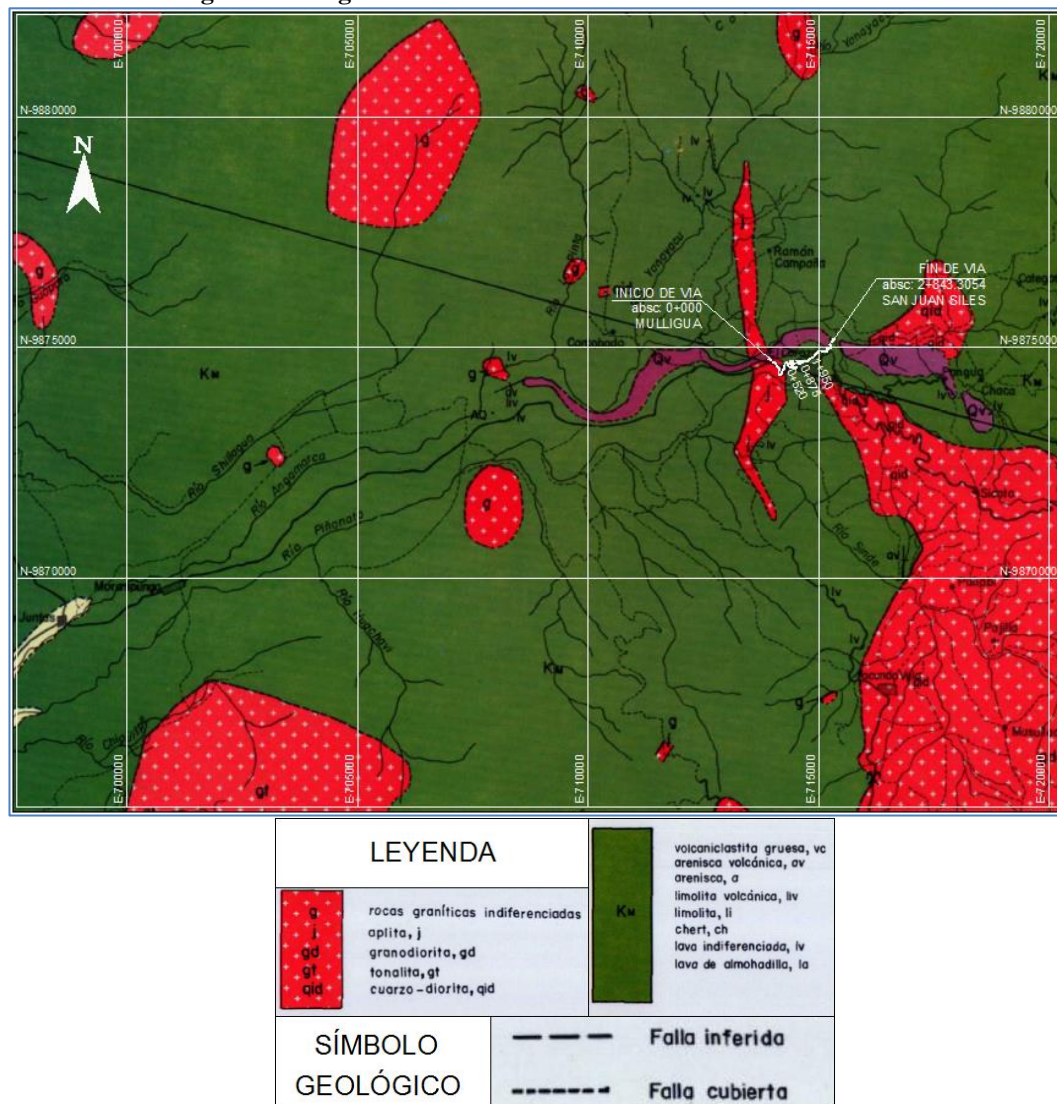
Fuente: Paola Cepeda, 2019

Actualmente la vía se desarrolla con características de un camino vecinal a nivel de subrasante en donde diariamente circulan tanto vehículos livianos (de uso personal, y de alquiler) como vehículos pesados (transporte y comercio). Con una longitud aproximada de 3 km el proyecto se encuentra ubicado en una zona montañosa con un ancho promedio de sección transversal de 4.5m, además cuenta con curvas horizontales de radios de giro menores a 20 m y en los tramos más complejos radios de 6 a 7m, lo que provoca que la velocidad promedio sea de 10 kph.

5.1.2 Tectónica Y Estructura Geológica

La tectónica y Geología del sector fue realizada mediante un Mapa geológico del Ecuador emitido por el Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero y Metalúrgico escala 1/50000 de la hoja No 48 (Quevedo- CT-NIV-B).

Gráfico 17 Geología a lo Largo De La Vía De Estudio



Fuente: Instituto Nacional De Investigación Geológico Minero y Metalúrgico, 2019

El área del proyecto está caracterizado por encontrarse rodeado de valles y terrazas aluviales, conos de deyección mostrado por el relieve montañoso; geográficamente la vía en estudio forma parte de la Cordillera de los Andes, en sentido Norte – Sur.

Acorde al gráfico 16 el proyecto no atraviesa por ninguna falla tectónica; la estructura geológica presenta dos formaciones que se presentan a lo largo de la vía,

las cuales son la Formación de Macuchi y las formaciones de rocas graníticas indiferenciadas, las cuales se describen a continuación:

- Formación de Macuchi (Km).- Perteneciente al periodo Cretáceo y parte del terciario de la era Cretácea hasta parte de la Eocena, se caracteriza por estar compuestas de rocas volcánicas gruesas (vc), areniscas volcánicas (av), limolita volcánica (li), lava indiferenciada (iv) y lava de almohadilla, este tipo de rocas son volumétricas de gran importancia y están internamente estratificadas y frecuentemente graduadas. Esta formación aflora en la mayor parte de la vía en estudio entre las abscisas 0+520 - 0+875 y 1+950 - 2+843.305, con su mayor característica que es su relieve montañoso a escarpado con laderas con pendientes fuertes, cimas agudas y un drenaje dendrítico.
- Afloramientos de rocas graníticas indiferenciadas aplitas (j), granodiorita (gd), tonalita (gt) y cuarzo – diorita (qid), no contienen ningún tipo de periodo ni era geológica, sin embargo esta formación se caracterizan por presentar un relieve colinado bajo poco disectado, hallándose pequeñas áreas con baja pendiente. Esta formación se ubica entre las abscisas 0+00 - 0+520 y 0+875 - 1+950.

A continuación se muestra un resumen de las formaciones geológicas existentes lo largo del proyecto.

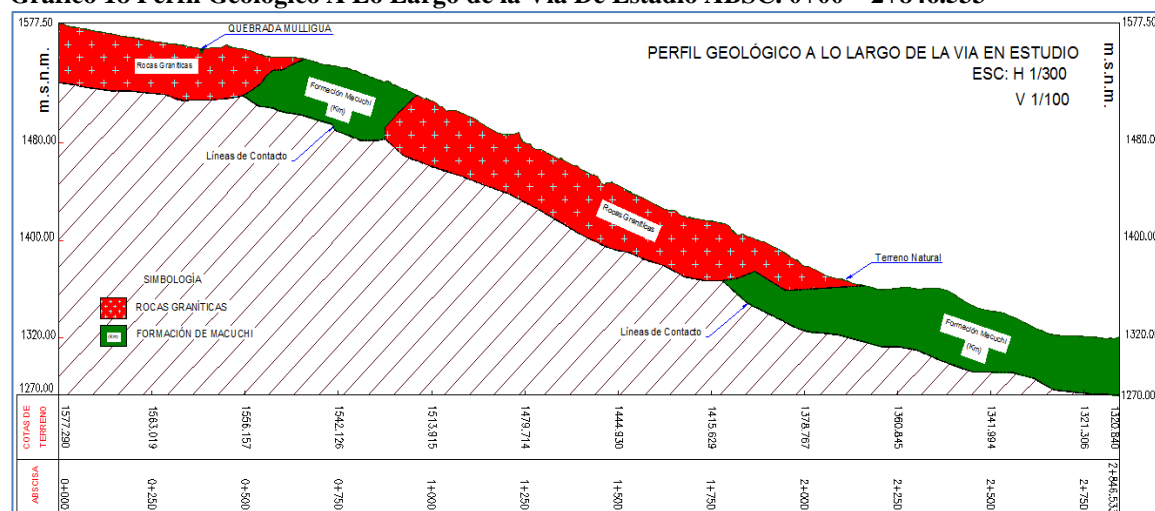
Tabla 46 Resumen De Formaciones Geológicas Del Proyecto

Formación Geológica	Periodo Y Era Geológica	Descripción
Formación de Macuchi	Cretácea	Relieve montañoso escarpado, pendientes
	Holocena	fuertes drenaje dendrítico
Formación de Rocas Graníticas	-----	Colinado bajo poco disectado, pequeñas áreas
		baja endiente cimas redondeadas

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Con las características geológicas antes mencionadas a continuación se presenta el perfil geológico a lo largo de toda la vía de estudio.

Gráfico 18 Perfil Geológico A Lo Largo de la Vía De Estadio ABSC. 0+00 – 2+846.533

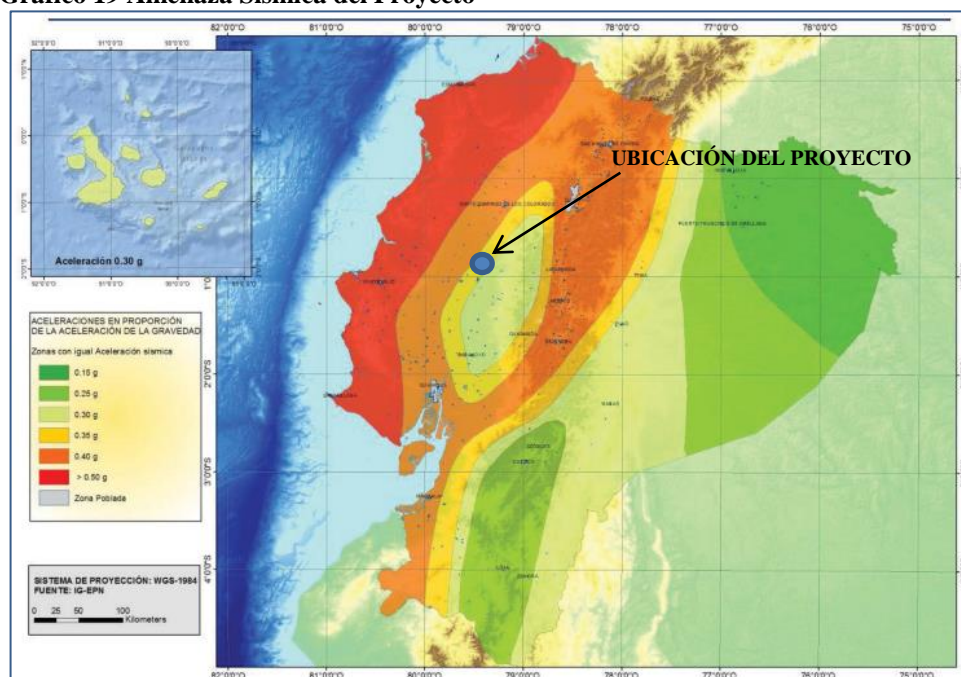


Fuente: Paola Cepeda, 2019

5.1.3 Amenaza Sísmica

El peligro sísmico en la zona del proyecto es alto, esto debido a que la vía en estudio forma parte de la cordillera de los andes. La amenaza sísmica es de vital importancia, ya que se tomará en cuenta para el diseño de estructuras que se aplicarán en la vía para su correcta seguridad y estabilidad.

Gráfico 19 Amenaza Sísmica del Proyecto



Fuente: Norma Ecuatoriana De La Construcción NEC, 2015

Acorde a la norma NEC 2015 (Norma Ecuatoriana de la Construcción), el Ecuador se divide en diferentes zonas de riesgo sísmico; esto representado por el gráfico No 18 el cual muestra por colores estas zonas de riesgo sísmico. En el siguiente resumen se muestra el valor sísmico “Z” (Aceleración Máxima en la roca) que se deberá tomar en consideración para el diseño de las posibles estructuras a presentarse a lo largo de la vía de estudio.

Tabla 47 Aceleración Máxima en roca “Z” Según zona sísmica

Valores Del Factor Z En Función De La Zona Sísmica						
Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor z	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	≥ 0.50
Caracterización de la amenaza sísmica	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Fuente: Norma Ecuatoriana De La Construcción NEC, 2015

Tabla 48 Valor de “Z” Según zona el Sector del Proyecto

Población	Parroquia	Cantón	Provincia	Z
El Corazón	El Corazón	Pangua	Cotopaxi	0.30

Fuente: Norma Ecuatoriana De La Construcción NEC, 2015

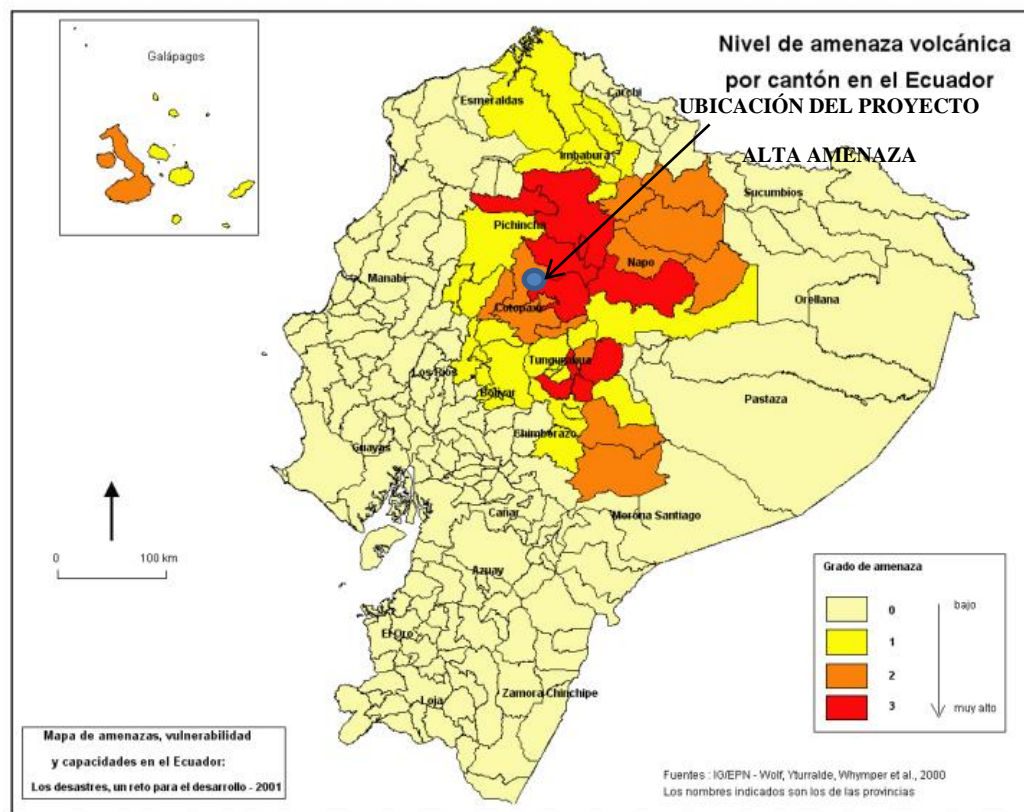
De la Tabla 47 y 48, se define que el área del proyecto corresponde a la zona III considerándose una zona de peligro sísmico alto y cuyo coeficiente Z será de 0.30.

5.1.4 Amenaza Volcánica

El proyecto tiene la probabilidad de sufrir movimientos geodinámicos producidos por volcanes existentes, principalmente las que pudieran producir el volcán Cotopaxi que actualmente se encuentra activo; aparte se encuentra ubicado el volcán El Corazón encontrándose inactivo y de igual manera el Quilotoa quienes no representan una amenaza activa.

En el siguiente gráfico se representa al proyecto como una amenaza volcánica alta.

Gráfico 20 Mapa De Amenaza Volcánica

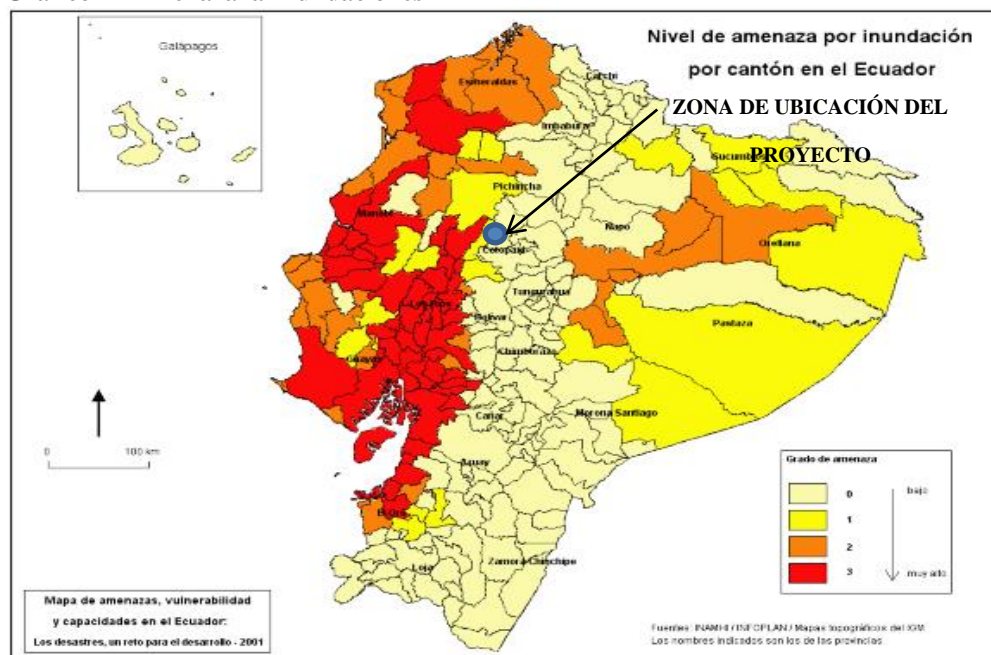


Fuente: Norma Ecuatoriana De La Construcción NEC, 2015

5.1.5 Amenaza a Inundaciones

Como se muestra en el siguiente gráfico el proyecto no presenta riesgo a inundaciones

Gráfico 21 Amenaza a Inundaciones



Fuente: Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología, INAMHI 2015

Se deberá tomar en consideración los deslizamientos que en épocas de lluvias son muy frecuentes, con la posibilidad de afectación de en un 50% a 100% de infraestructura vial

5.2 Análisis Geotécnico de la subrasante

La subrasante es la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en terreno natural, que soportará la estructura del pavimento, y está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactados por capas para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito. (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES PERU, 2014, p. 33) La exploración e investigación del suelo es muy importante tanto para la determinación de las características del suelo, como para el correcto diseño de la estructura del pavimento. (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES PERU, 2014, p. 38)

5.2.1 Trabajos de campo – Exploración y Muestreo de Suelos

Los trabajos en campo se inician con la visita al sitio, mediante el uso de navegadores GPS manuales se procedió con la identificación y ubicación de los sitios donde se precedieron a realizar los respectivos muestreos.

Acorde lo establecido por SOWER y SOWER en libro de Braja M Das. para la obtención de los CBR de campo establece una distancia entre calicatas de 250 a 500 metros.

Tabla 49 Distancia aproximada entre Sondeos de suelo

Tipo De Proyecto	Espaciamiento (m)
Edificios Multi pisos	10 - 30
Edificios industrial de una planta	20 - 60
Carreteras	250- 500
Presas y diques	40 - 80

Fuente: Principios De La Ingeniería De Cimentaciones Braja M Das, 2006

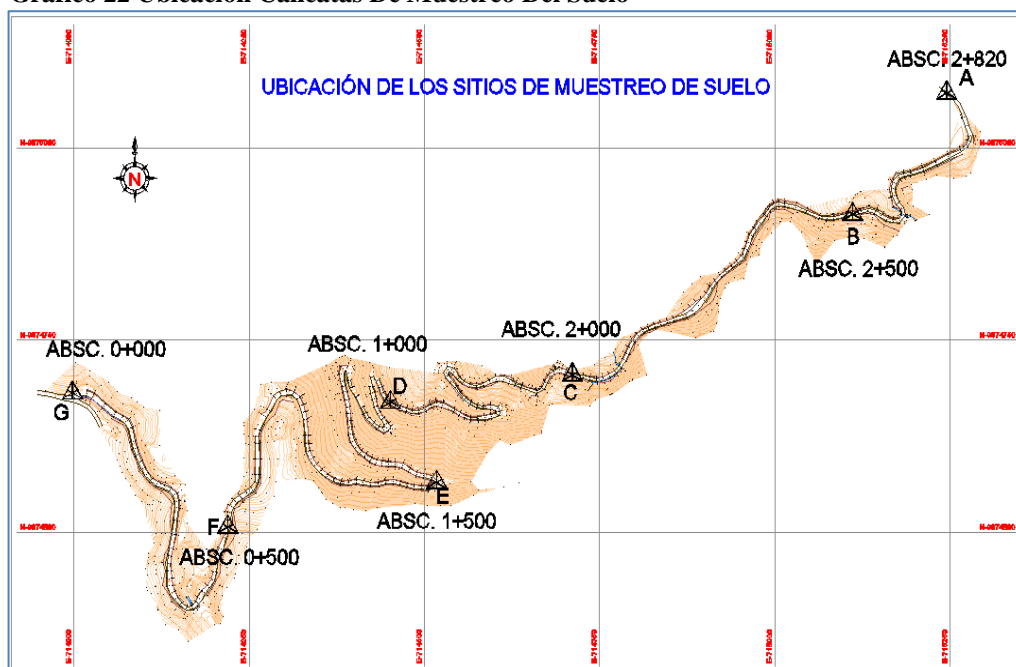
A continuación se muestra los sitios y coordenadas de ubicación de las calicatas de muestreo.

Tabla 50 Coordenadas Ubicación Calicatas Muestreo Del Suelo

Vértice	Este	Norte	Abscisa
Punto A	9 875 071.224	715 245.065	2+820.000
Punto B	9 874 913.321	715 111.097	2+500.000
Punto C	9 874 704.690	714 711.070	2+000.000
Punto D	9 874 668.818	714 451.799	1+500.000
Punto E	9 874 564.897	714 517.211	1+000.000
Punto F	9 874 506.711	714 219.781	0+500.000
Punto G	9 874 681.073	713 997.823	0+000.000

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Gráfico 22 Ubicación Calicatas De Muestreo Del Suelo



Fuente: Paola Cepeda, 2019

Para la vía en estudio se realizaron muestreos de suelo (calicatas) acorde a la Norma (NTP 339.162 ASTM D420 - para calicatas y trincheras) a una distancia entre estas de 500 m, cada una de estas muestras acorde a lo establecida en normas, fueron tomadas a profundidades de 0.5 - 1.00 y 1.50 con la finalidad de la realización de los respectivos ensayos para clasificación SUCS – AASHTO y determinación de los respectivos valores de CBR para posteriormente el diseño de la estructura de pavimento que se implantará en la vía.

5.2.2 Ensayos de Laboratorio

Tomadas las muestras de campo y su traslado hacia laboratorio a continuación se resumen los respectivos ensayos realizados para cada una de las muestras:

- Contenido de humedad – Norma ASTM D 2216

Este método de ensayo describe la determinación del contenido de agua mediante su masa seca, en laboratorio, de un suelo, roca y materiales similares, donde la reducción de la masa por secado es debido a la pérdida de agua. (Norma ASTM D 2216, 2017)

- Límite de Consistencia – Norma ASTM D4318

Límite Líquido (LL). El contenido de agua, en porcentaje, de un suelo en un límite arbitrariamente definido entre los estados líquidos y plásticos. Este contenido de agua es definido como el contenido de agua en el cual una porción pequeña de suelo colocada en una copa estándar y cortada por un surco de dimensiones estándar fluirán juntos en la base del surco por una distancia de 13 mm cuando se somete a 25 golpes a la copa cayendo 10 mm en un aparato estándar de límite líquido operado a una razón de 2 golpes por segundo. (ASTM D4318-84, 2009)

Límite Plástico (LP). El contenido de agua, en porcentaje, de un suelo en el límite entre los estados plástico y quebradizo. El contenido de agua en el cual un suelo no puede ser más deformado al enrollarlo en 3.2 mm en diámetro de hebra sin desmenuzarlo. (ASTM D4318-84, 2009)

- Tamiz 200 – Norma ASTM D 422

La norma determina cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo además describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan

por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta la malla de 74mm (No 200) (ASTM D-422-63, 2009)

- Proctor Modificado – Norma ASTM D1557

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 o 6 pulgadas de diámetro con un pisón de 44.5 N que cae de una altura de 18 pulgadas produciendo energía de compactación de 56 000lb-pie/pie³ (2700kN-m/m³). (ASTM D 1557, 2006)

- CBR – Norma ASTM D 1883

Describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (*California Bearing Ratio*). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno. Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado. (ASTM D - 1883, 2006)

- Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) – Norma ASTM D 2487

Esta práctica describe un sistema para clasificación mineral y orgánica-mineral de suelos para propósitos de ingeniería basados en determinación de laboratorio de características como tamaño de las partículas, límite líquido e índice plástico y será usado cuando se requiera una clasificación precisa. (ASTM D 2487 - 03, 2006)

- Clasificación de Suelos (AASHTO) – Norma ASTM D 3282

De acuerdo con este sistema y con base en su comportamiento, los suelos están clasificados en ocho grupos designados por los símbolos del A-1 al A-8. En este sistema de clasificación los suelos inorgánicos se clasifican en siete grupos que van del A-1 al A-7. Estos a su vez se dividen en un total de doce subgrupos. Los suelos con elevada proporción de materia orgánica se clasifican como A-8. (ASTM D 3282, 2006)

5.2.3 Ensayo CBR y Resultados de La Investigación del Sub suelo

El Ensayo CBR mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, sub base y base de pavimentos, se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad. (Carlos Hernando Higuera Sandoval, 2011, p. 157) El valor de CBR se los puede clasificar en un rango de 0 a 100, en donde se define mientras mayor valor mejor será la respuesta a la capacidad de soporte del suelo, en la siguiente tabla se muestra los valores de CBR acorde a su clasificación: **ANEXO N° 7: Ensayos de Laboratorio CBR del suelo**

Tabla 51 Clasificación Del Suelo De Acuerdo Al Cbr

CBR	Clasificación
0-5	Subrasante Muy Mala
5-10	Subrasante Mala
10-20	Subrasante Regular A Buena
20-30	Subrasante Muy Buena
30-50	Sub Base Buena
50-80	Base Buena
80-100	Base Muy Buena

Fuente: ASTM D05 American Society of Testing Materials, 1883

En base a los CBR obtenidos en laboratorio (10-20) % se define a la subrasante como una sub rasante regular a Buena; en la siguiente tabla se presenta un resumen de los CBR obtenidos

Tabla 52 Resultado de CBR vía Mulligua – San Juan de Siles

Ensayo \ Abscisa	0+000	0+500	1+000	1+500	2+000	2+500	2+820
CBR Densidad Proctor 90	12.10	18.50	12.70	8.50	13.10	10.10	14.60
CBR Densidad Proctor 95	16.70	27.80	17.90	16.30	21.70	17.00	20.70

Fuente: Laboratorio Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, 2019

De acuerdo a los estudios realizados al sub suelo se llega a determinar que el suelo de conformación de la subrasante según clasificación SUCS está conformado por suelos SM correspondientes a arenas limosas. Y la clasificación AASHTO muestra tener suelos A-4 A-2-4, A-1-b, catalogados como suelos regulares.

Tabla 53 Resumen Ensayos Clasificación AASTHO y SUCS

Absc.	Pro H (m)	Norte	Este	Granulometría					Humedad Natural (%)	Límites De Atterberg			Sucs	Aastho	Margen
				3"	4	10	40	200		LL	LP	IG			
0+000	0.5	713998	9874681	100	100	93	74	33	6.04	0.00	0	0	SM	A-2-4	Der.
	1.0			100	100	99	90	40	3.77	0.00	0	1	SM	A-4	Der.
	1.5			100	100	99	93	41	3.85	0.00	0	1	SM	A-4	Der.
0+500	0.5	714220	9874507	100	100	100	94	32	6.00	0.00	0	0	SM	A-2-4	Izq.
	1.0			100	100	100	87	26	3.93	0.00	0	0	SM	A-2-4	Izq.
	1.5			100	100	100	94	39	5.53	0.00	0	1	SM	A-4	Izq.
1+000	0.5	714517	9874565	100	99	84	38	17	9.98	0.00	0	0	SM	A-1-b	Izq.
	1.0			100	100	86	39	17	11.21	0.00	0	0	SM	A-1-b	Izq.
	1.5			100	100	87	39	19	10.02	0.00	0	0	SM	A-1-b	Izq.
1+500	0.5	714452	9874669	97	89	79	51	21	8.26	67.01	22.74	1	SM	A-2-7	Izq.
	1.0			94	89	80	51	19	8.90	0.00	0	0	SM	A-2-4	Izq.
	1.5			99	92	83	52	20	9.69	0.00	0	0	SM	A-2-4	Izq.
2+000	0.5	714711	9874705	100	95	84	51	17	8.90	0.00	0	0	SM	A-2-4	Der.
	1.0			100	95	84	51	17	9.16	0.00	0	0	SM	A-2-4	Der.
	1.5			100	92	82	52	19	8.44	0.00	0	0	SM	A-2-4	Der.
2+500	0.5	715111	9874913	100	97	90	65	30	9.54	0.00	0	0	SM	A-2-4	Der.
	1.0			92	88	80	51	18	8.54	0.00	0	0	SM	A-2-4	Der.
	1.5			97	94	85	53	23	11.50	0.00	0	0	SM	A-2-4	Der.
2+820	0.5	715245	9875071	100	100	96	81	54	18.65	0.00	0	4	SM	A-4	Izq.
	1.0			100	100	95	77	49	16.16	0.00	0	3	SM	A-4	Izq.
	1.5			100	95	86	53	22	8.10	0.00	0	0	SM	A-2-4	Izq.

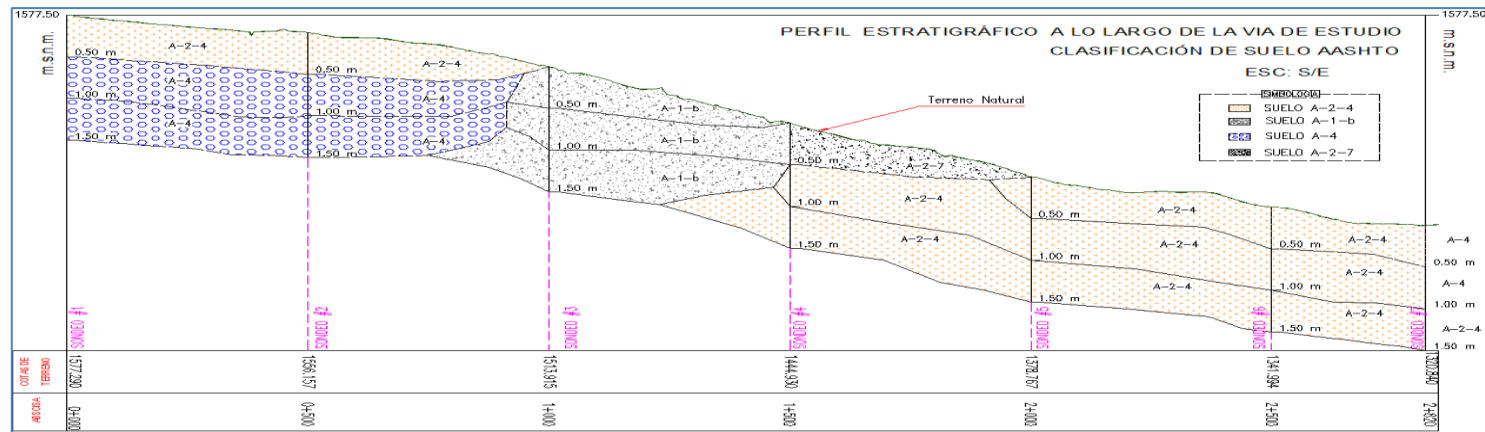
Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, 2019

Además podemos notar que los suelos a lo largo de la vía de estudio no son expansivos; la humedad del suelo son menores a la humedad óptima de compactación por lo que se requerirá de una hidratación adecuada para la compactación de la subrasante. No existe la presencia de nivel freático.

5.2.4 Perfiles Estratigráficos

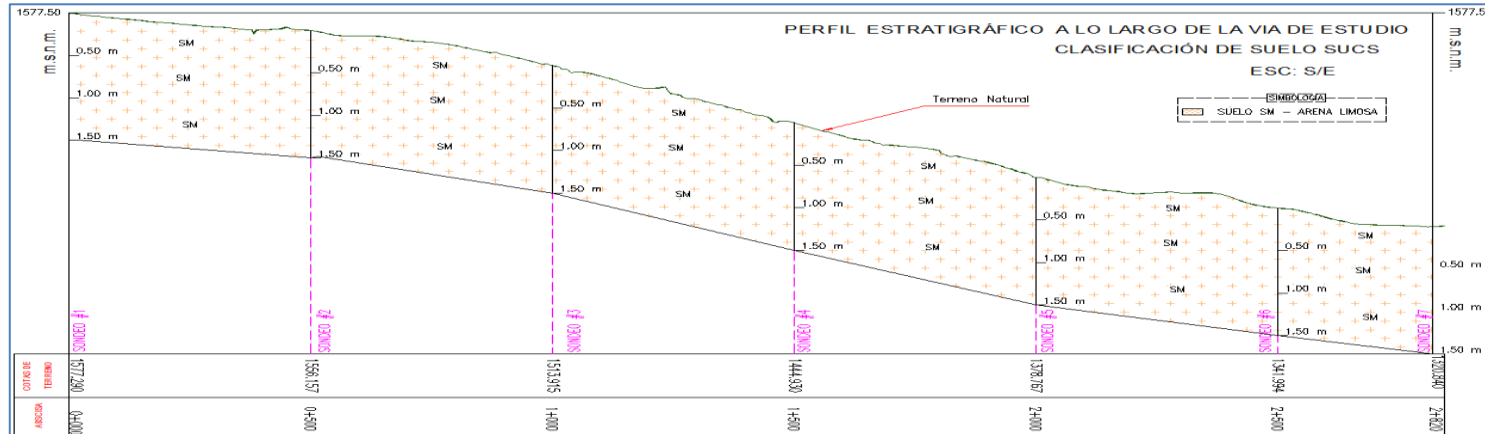
Mediante los resultados de laboratorio obtenidos, a continuación se presenta los perfiles estratigráficos a lo largo de la vía de estudio.

Gráfico 23 Perfil Estratigráfico Clasificación AASHTO



Fuente: Paola Cepeda, 2019

Gráfico 24 Perfil Estratigráfico Clasificación SUCS



Fuente: Paola Cepeda, 2019

5.2.5 Módulo Resiliente De Diseño (Mr)

El módulo resiliente de la subrasante es el parámetro utilizado con el fin de representar las propiedades de los suelos de la subrasante en el diseño de pavimentos, normalmente resulta complicado realizar el ensayo de módulo de resiliente por lo cual en este sentido la Guía de diseño AASHTO 93 ha propuesto ecuaciones a partir de ensayos CBR. (Carlos Hernando Higuera Sandoval, 2011)

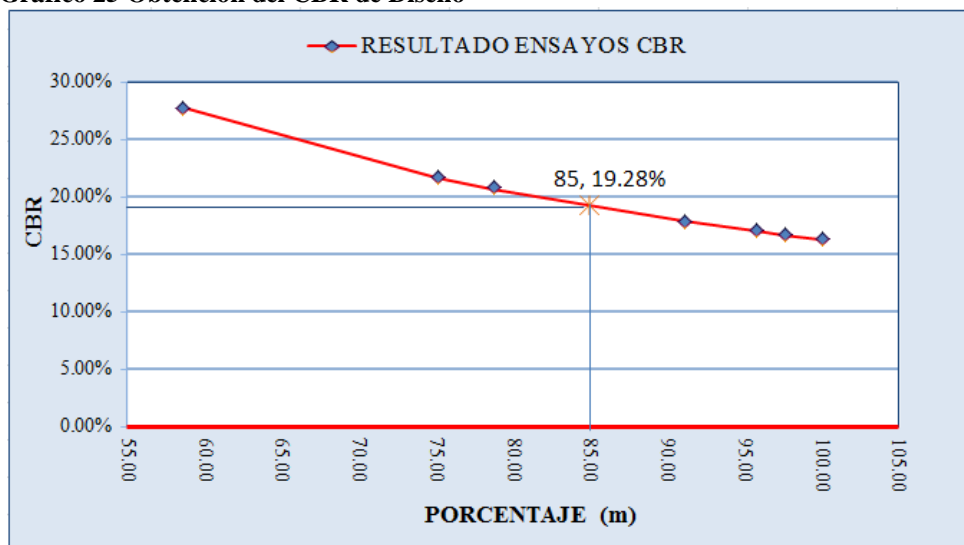
Para la realización del diseño de la estructura de pavimento se deberá obtener el módulo resiliente (Mr.) de la subrasante, la misma que se encuentra en función de los CBR obtenidas de los ensayos realizados, del cual se tomará un percentil al 85% el cual usaremos como CBR de diseño de la subrasante. Así tenemos:

Tabla 54 Cálculo CBR de diseño

ORDINAL	CBR	PERCENTIL 85	
1	27.80%	58.63	19.28%
2	21.70%	75.12	
3	20.70%	78.74	
4	17.90%	91.06	
5	17.00%	95.88	
6	16.70%	97.60	
7	16.30%	100.00	

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Gráfico 25 Obtención del CBR de Diseño



Fuente: Paola Cepeda, 2019

El gráfico anterior determina que el CBR de diseño es de 19.28%, en donde mediante ecuaciones establecida por la norma ASSHTO 93 (Design of Pavement Structures) establece las siguientes ecuaciones para determinar el módulo resiliente (Mr).

$$MR(PSI) = 1500 * CBR (PSI) \quad \text{Materiales sub-rasante } CBR \leq 7.2\%$$

$$MR(PSI) = 3000 * CBR^{0.65} (PSI) \quad \text{Materiales sub-rasante } 7.2\% < CBR \leq 20\%$$

$$MR(PSI) = 436 * \ln CBR + 241 (PSI) \quad \text{Materiales sub-rasante } CBR > 20\%$$

Con las ecuaciones descritas y al tener un valor de CBR de 19.28 utilizaremos las siguientes ecuaciones para la determinación del Módulo Resiliente, obteniendo un valor de

$$MR(PSI) = 3000 * CBR^{0.65} (PSI) \quad \text{Ec. 26}$$

$$MR(PSI) = 3000 * 19.28^{0.65} (PSI)$$

$$MR(PSI) = 20\,532 \text{ PSI}$$

5.3 Estabilidad de taludes

Los taludes en corte y en relleno son muy importantes en la seguridad y buena apariencia de una carretera, además de influir en su costo de mantenimiento. Aunque su diseño depende de las condiciones de los suelos y de las características geométricas de la vía, como regla general los taludes deben diseñarse con la menor pendiente económicamente permisible. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 236)

5.3.1 Toma de Muestras en los taludes

Se procede con los trabajos de campo en donde mediante una exploración se pudieron localizar los dos sitios posiblemente críticos para tomas de muestra a los pies de cada talud.

Estas muestras se encuentran ubicadas en las abscisas 1+220 y 1+770 con una altura aproximada de cada talud de 20.0m y 10.00m respectivamente.

Gráfico 26 Ubicación Toma De Muestras De Taludes



Fuente: Paola Cepeda, 2019

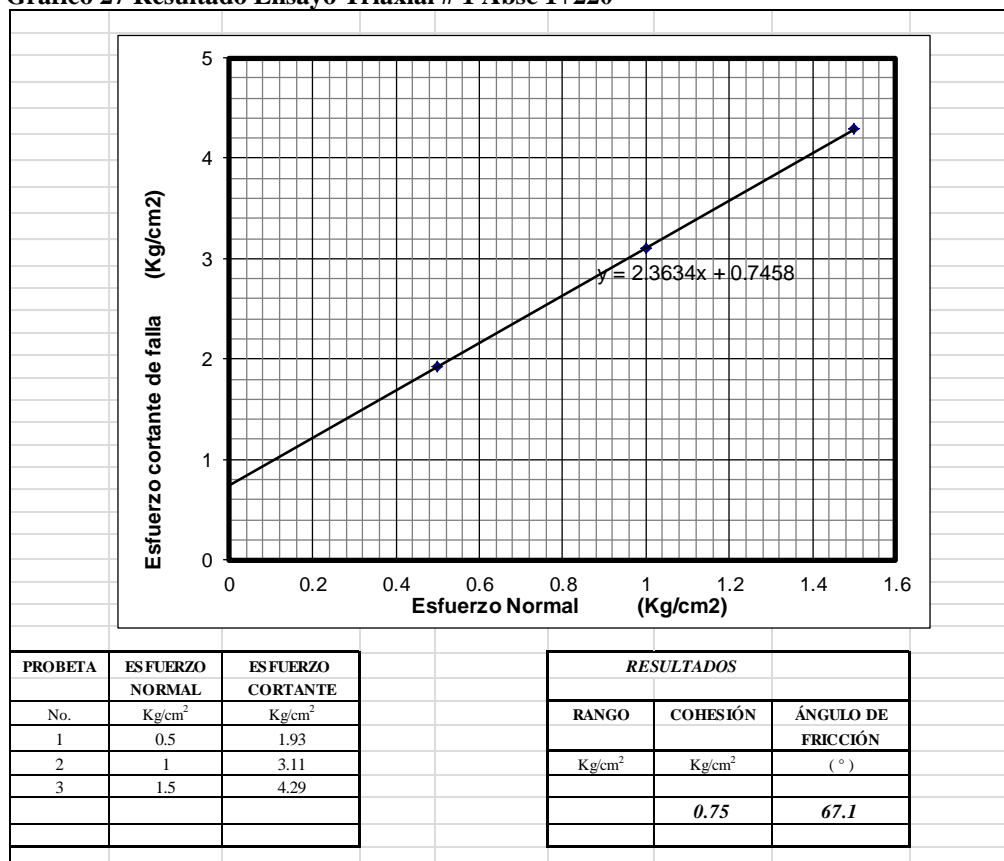
Las muestras Triaxiales fueron tomadas a una profundidad de 1.50m con dimensiones de 0.30x0.30x0.30 m, muestras que fueron trasladadas a laboratorio debidamente protegidos para evitar que se pierda su humedad natural, acorde como se establece en el libro de Braja M Das. (BRAJA M. DAS, Principio de Ingeniería y Cimentaciones Cuarta Edición, 1999, p. 65)

Una vez en las muestras en laboratorio se procedió a realizar los correspondientes ensayos Triaxiales U-U bajo Norma / AASHTO T296-94, cuyo ensayo consiste en colocar una muestra de suelo sobre tres ejes, aplicando una presión que permitirá el confinamiento de la muestra por medio de un fluido que puede ser glicerina o agua. (BRAJA M. DAS, Principio de Ingeniería y Cimentaciones Cuarta Edición, 1999, p. 66)

Esta condición genera una consolidación Isotrópica y adicionalmente se aplicará un esfuerzo axial que permitirá la falla de la muestra. (BRAJA M. DAS, Principio de Ingeniería y Cimentaciones Cuarta Edición, 1999, p. 66). En la siguiente tabla se presenta un resumen de los resultados obtenidos en laboratorio para los correspondientes ensayos de cada muestra obtenida en campo. **ANEXO N° 8:**

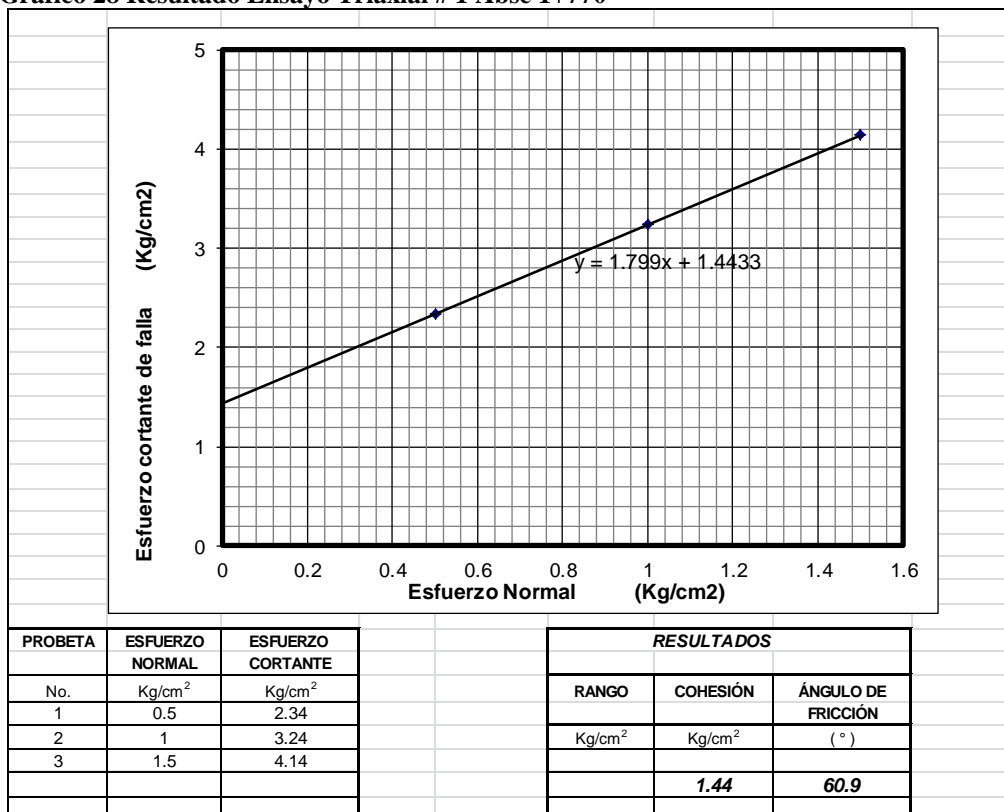
Ensayos Triaxiales de Laboratorio

Gráfico 27 Resultado Ensayo Triaxial # 1 Abse 1+220



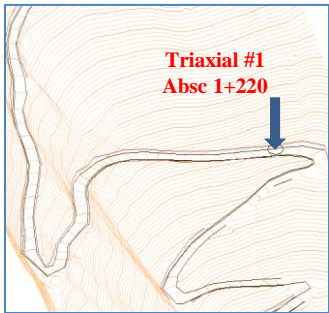

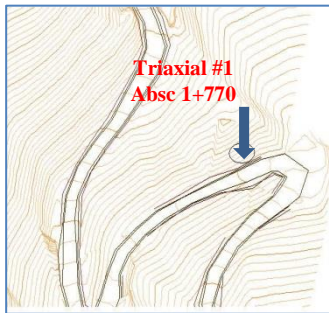

Fuente: Laboratorio Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, 2019

Gráfico 28 Resultado Ensayo Triaxial # 1 Abse 1+770



Fuente: Laboratorio Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, 2019

Tabla 55 Resumen De Ubicación Y Resultado De Ensayos Triaxiales De Laboratorio

#.	Topografía De La Zona	Fotografía Panorámica	Cohesión (kg/cm ²)	Angulo Fricción (°)
ABSC. 1+220			0.75	67.1
ABSC. 1+770			1.44	60.9

Fuente: Laboratorio Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, 2019

5.3.2 Determinación de los taludes de corte y relleno

La definición de la inclinación de los taludes lo basaremos en el criterio del ángulo de reposo crítico “ Θ ” establecido en el libro de Braja M Das aplicados a las abscisas 1+220 y 1+770 considerados como taludes posiblemente críticos, y a partir del cual podremos recomendar ángulos de inclinación para los cortes y rellenos a lo largo de toda la vía. El ángulo de reposo crítico según la teoría de Rankine menciona que la resistencia cortante de un suelo (S) depende de factores como la cohesión, ángulo de fricción esfuerzos laterales, peso específico y condiciones de drenaje del suelo (BRAJA M. DAS, Principio de Ingeniería y Cimentaciones Cuarta Edición, 1999, p. 357), estableciéndose las siguientes ecuaciones:

$$\Theta = 45 + \frac{\phi}{2} \quad \text{Ec. 27}$$

$$S = c + \sigma' \tan \phi \quad \text{Ec. 28}$$

Dónde:

c = cohesión (N/m^2)

ϕ = Ángulo de fricción ($^\circ$)

σ' = Esfuerzo normal efectivo (Pa)

Θ = Ángulo de reposo crítico ($^\circ$)

Esta simplificación se hace por lo complicado de los ensayos necesarios para determinar el ángulo de fricción crítico (ϕ_c) comparado con los métodos para obtener (ϕ reposo), para una estimación directa de dicho ángulo. (BRAJA M. DAS, Principio de Ingeniería y Cimentaciones Cuarta Edición, 1999, p. 340).

El siguiente cuadro muestra los resultados obtenidos acorde a la ecuación #27 mostrando los ángulos de inclinación de los taludes

Tabla 56 Determinación de la inclinación de taludes

No	Angulo Fricción ($^\circ$)	$\Theta = 45 + \frac{\phi}{2}$	Valor Talud X	$Y = X \tan \Theta$	Talud H:V
1	67.10 $^\circ$	78.55 $^\circ$	1	4.93	1:4
2	60.90 $^\circ$	75.45 $^\circ$	1	3.85	1:4

Fuente: Paola Cepeda, 2019

A lo largo del proyecto en las abscisas 0+00 – 1+200 y 1+240 – 2+843.03 se recomienda la implementación de taludes de corte de H:V (1:4) por tener alturas menores e iguales a 10m y en las abscisas 1+200 – 2+240 se recomienda colocar gradeados con taludes H:V (1:3) , altura de bermas de 7m máximo y ancho de bermas de 1.50m, esto debido a que en esta zona tenemos taludes muy grandes, y esto nos permitirá obtener una mayor estabilidad del talud en esta zona.

Tabla 57 Determinación De La Altura Máxima De Bermas Para Taludes

Tipo de suelo	Angulo fricción	Resistencia a compresión Triaxial en kg/cm^2				
		0.250	0.375	0.500	0.625	≥ 0.750
Arcilla y limos muy plásticos	30 $^\circ$	2.40	4.60	6.80	7.00	7.00
	45 $^\circ$	2.40	4.00	5.70	7.00	7.00
	60 $^\circ$	2.40	3.60	4.90	6.20	7.00
Arcilla y limos de plasticidad media	30 $^\circ$	2.40	4.90	7.00	7.00	7.00

	Angulo fricción	Resistencia a compresión Triaxial en kg/cm ²				
		0.250	0.375	0.500	0.625	≥0.750
	45°	2.40	4.10	5.90	7.00	7.00
	60°	2.40	3.60	4.90	6.30	7.00
	30°	4.50	7.00	7.00	7.00	7.00
Arcilla y limos poco plásticos, arcillas arenosas y arenas arcillosas	45°	3.20	5.40	7.00	7.00	7.00
	60°	2.50	3.90	5.30	6.80	7.00

Fuente: Estabilización de Taludes; Alturas mínima Necesarias UCE, 2012

Para los taludes en relleno se procederá con la implementación de muros de Hormigón Ciclópeo o escolleras de piedra según lo que se encuentre necesario, esto para poder tener a la vía con su sección a implementarse estable a lo largo de todo su diseño; y en los casos que no se requiera de muros y que los rellenos no representan mayor volumen el talud a considerarse será de V: H (1.5:1)

5.3.3 Factor de Seguridad

La determinación de la estabilidad del talud diseñado será comprobada mediante el método de las dovelas establecido por Fellenius en la cual se establece como factor de seguridad mínimos al deslizamiento será de 1.50 y cuyas ecuaciones serán las siguientes:

$$F_s = \frac{\sum(G \cdot l + P \cdot \cos \theta \cdot \tan \phi)}{\sum P \cdot \sin \theta} > 1.50 \quad \text{Talud estable} \quad \text{Ec. 29}$$

Dónde:

c = cohesión (kg/cm²)

φ = Ángulo de fricción (°)

P = Fuerzas de Volcamiento

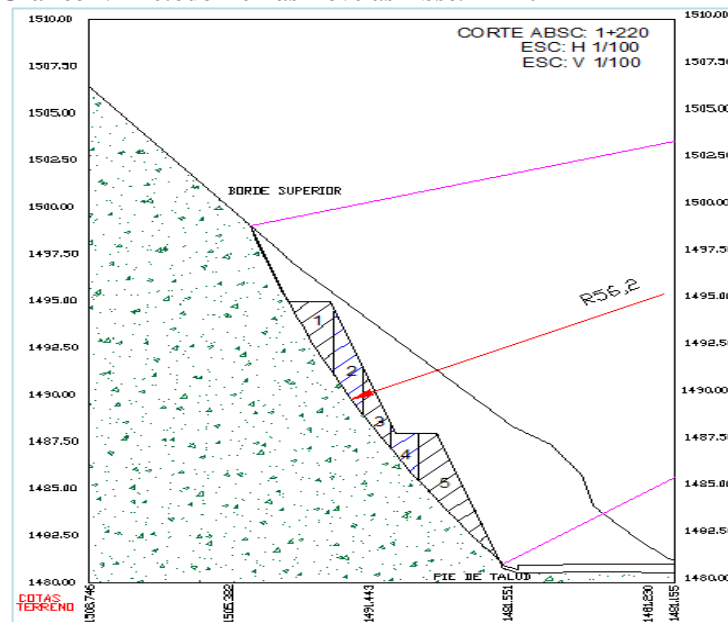
θ = Angulo inclinación del talud (°)

F_s = Factor de seguridad al deslizamiento

A continuación se muestra los resultados obtenidos para el cálculo del factor de seguridad:

Verificación Factor de Seguridad Talud Abscisa 1+220

Gráfico 29 Método De Las Dovelas Absc. 1+220



Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 58 Cálculo de las Fuerzas de Volcamiento

Sección	Área (m ²)	Espesor (m)	Volumen (m ³)	Y (kg/m ³)	Carga P (kg)	Θ Grados	Sen Θ	P*Senθ (kg)
1	3.31	1	3.309	1709	5655.081	78.55	0.980	5542.54
2	2.94	1	2.9387	1709	5022.238	78.55	0.980	4922.29
3	1.88	1	1.879	1709	3211.211	78.55	0.980	3147.30
4	1.68	1	1.6844	1709	2878.64	78.55	0.980	2821.35
5	6.11	2	12.2176	1710	20892.1	78.55	0.980	20476.31
Σ Fuerzas De Volcamiento (kg) =								36909.78

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 59 Cálculo de las Fuerzas Estabilizantes

Sección	Cohesión (kg/cm ²)	Espesor (m)	Carga P (k g)	Θ Grados	Cos Θ	Φ Grados	Tan Φ	(C + PCosθ × TanΦ) kg
1	0.75	1	5655.081	78.55	0.199	67.1	2.367	10157.57
2	0.75	1	5022.238	78.55	0.199	67.1	2.367	9860.17
3	0.75	1	3211.211	78.55	0.199	67.1	2.367	9009.09
4	0.75	1	2878.639	78.55	0.199	67.1	2.367	8852.80
4	0.75	1	20892.096	78.55	0.199	67.1	2.367	24818.14
Σ Fuerzas Estabilizadoras (kg) =								62697.79

Fuente: Paola Cepeda, 2019

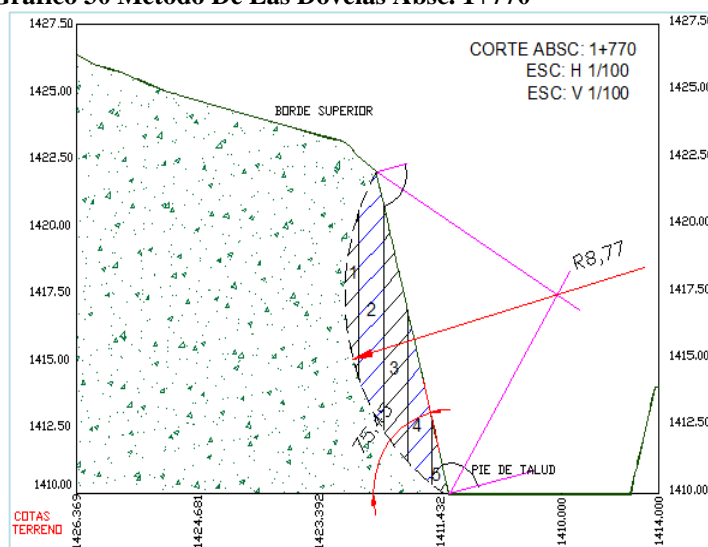
Σ Fuerzas Volcamiento A (kg) = 36909.78

Σ Fuerzas Estabilizadoras B (kg) = 62697.79

FS = B/A = 1.69 > 1.5 Talud Estable

Verificación Factor de Seguridad Talud Abscisa 1+770

Gráfico 30 Método De Las Dovelas Absc. 1+770



Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 60 Cálculo de las Fuerzas de Volcamiento

Sección	Área (m ²)	Espesor (m)	Volumen (m ³)	Y (kg/m ³)	Carga P (kg)	Θ Grados	Sen Θ	P*SenΘ (kg)
1	2.48	1	2.477	1440	3567.16	75.45	0.968	3452.76
2	8.12	1	8.121	1440	11694.52	75.45	0.968	11319.47
3	7.06	1	7.061	1440	10167.84	75.45	0.968	9841.74
4	4.07	1	4.070	1440	5860.94	75.45	0.968	5672.97
5	0.91	1	0.909	1441	1310.44	75.45	0.968	1268.41
Σ Fuerzas Volcamiento (kg) =								31555.37

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 61 Cálculo de las Fuerzas Estabilizantes

Sección	Cohesión (kg/cm ²)	Espesor (m)	Carga P (k g)	Θ Grados	Cos Θ	Φ Grados	Tan Φ	(C + P CosΘ * TanΦ) kg
1	1.44	1	3567.168	75.45	0.251	60.9	1.797	16010.08
2	1.44	1	11694.528	78.55	0.199	60.9	1.797	18570.93
3	1.44	1	10167.84	78.55	0.199	60.9	1.797	18026.43
4	1.44	1	5860.944	78.55	0.199	60.9	1.797	16490.34
5	1.44	1	1310.4454	78.55	0.199	60.9	1.797	14867.37
Σ Fuerzas Estabilizadoras (kg) =								83965.175

Fuente: Paola Cepeda, 2019

$$\Sigma \text{ Fuerzas Volcamiento A (kg)} = 31555.37$$

$$\Sigma \text{ Fuerzas Estabilizadoras B (kg)} = 83965.175$$

$$FS = B/A = 2.66 > 1.5 \text{ Talud Estable}$$

5.4 Fuente de Materiales

En esta parte permitirá determinar e identificar las características de las fuentes de materiales existentes alrededor de la zona de estudio, y de esta manera establecer a una como fuente de extracción de material para la futura construcción de la vía.

En base al levantamiento previo de información se llegó a determinar que dentro de la zona existen 3 minas que actualmente se encuentran activas las cuales son: Mina La Piedadcita, Mina La Ercilla y La Mina El corazón. A continuación se presenta una tabla con las características primordiales de cada cantera

Tabla 62 Principales Características De Las Minas Existentes

Mina	Área de explotación (m ²)	Tipo de Terreno (Topografía)	Observación
Mina La Piedadcita	Cuenta con una extensión aproximada de 7.5 hectáreas	Morfología del tipo Ondulado, la explotación del material se lo realizará con el sistema a cielo abierto, con avance de forma descendente, desde la superficie del terreno hasta los estratos inferiores de la cantera.	NO CUENTA con los planes de manejo ambiental vigentes aprobados y renovados por el MAE y SENAGUA “hasta la fecha en el que se realizó el levantamiento de información”
Mina La Ercilla	Cuenta con una extensión aproximada de 12.68 hectáreas	Morfología del tipo Ondulado-Montañosa, la explotación en esta cantera se lo realizará con el sistema a cielo abierto, por cuanto los estratos son horizontales y el avance es recomendable que sea de forma ascendente desde la cota actual, hasta los estratos de cotas superiores.	CUENTA con los planes de manejo ambiental vigentes aprobados y renovados por el MAE y SENAGUA (licencia ambiental aprobada)
Mina El corazón	Cuenta con una extensión aproximada de 9 hectáreas	Morfología del tipo Montañoso, la explotación del material se lo realizará con el sistema a cielo abierto, por cuanto los estratos y el avance es de forma frontal descendente con arranque de tajo abierto	NO CUENTA con los planes de manejo ambiental vigentes aprobados y renovados por el MAE y SENAGUA,

Fuente: Agencia de Regulación y Control Minero, 2014

5.4.1 Ubicación de las Minas

- Mina La Piedadcita.- Piedadcita se localiza aledaña al centro poblado llamado Pambilar de Calope, está localizada en el catón Pangua, provincia de Cotopaxi, el ingreso se lo hace principalmente por la vía principal de primer orden y posteriormente por vía secundaria alterna habilitada para maquinaria pesada, está ubicada en las coordenadas (Este: 688650 Norte: 9881490).

- Mina La Ercilla.- Se localiza cercana a la población denominada con el mismo nombre, geográficamente está emplazada en el catón Ventanas, provincia de los Ríos, está ubicada en las siguientes coordenadas (Este: 677078 Norte: 9860201).
- Mina El corazón.- se localiza aledaña al centro poblado llamado con el mismo nombre, está localizada en el catón Pangua, provincia de Cotopaxi, el ingreso se lo hace principalmente por la vía principal de primer orden y posteriormente por vía secundaria alterna (Este: 713168 Norte: 9875144).

Tabla 63 Resumen de Ubicación y Distancia De Minas existentes

Nombre Mina	Coordenadas		Distancia Proyecto
	Norte	Este	
Mina La Piedadcita	9881490	688650	83.5 km
Mina La Ercilla	9860201	677078	55.2 km
Mina El corazón	9875144	713168	1.10 km

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Gráfico 31 Ubicación Minas Existentes



Fuente: Google Earth, 2019

La mina seleccionada fue la de La Ercilla debido a que esta cantera cuenta con la licencia ambiental correspondiente además de estar a 55.2km de distancia del eje centro de gravedad de la vía en estudio; la mina del corazón a pesar de estar a 1.10 km de distancia se rechazó debido a que no cuenta con maquinaria para trituración ni facilidades para procesamiento de material explotable; y la mina de la Piedadcita

además de estar a una distancia de 83.5km no cuenta con la licencia ambiental correspondiente.

Establecida la mina de La Ercilla como fuente de abastecimiento de materiales se procedió con la toma de muestras en campo para su respectivo análisis en laboratorio, las cuales deberán cumplir con los requerimientos mínimos establecidos por el MOP (Ministerio De Obras Públicas), INEN (Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización) y las normas ASTM (American Society for Testing and Materials) vigentes **ANEXO N° 9: Ensayos de Laboratorio de La Mina La Ercilla Granulometrías – CBR - Abrasiones y Prueba por Sulfatos.**

5.4.2 Resultados de las pruebas de laboratorio (Granulometrías, Abrasión, Sulfatos)

De las muestras obtenidas en campo fueron llevadas en laboratorio y sometidas a los siguientes ensayos:

- Granulometría
- Durabilidad (abrasión) del agregado grueso.
- Desgaste por sulfatos

Estos ensayos fueron realizados por el Laboratorio del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Municipalidad de Ambato, posteriormente analizando estos resultados en base a lo establecido por el MOP-001-F 2002 en las secciones 404-1.2 para el material de la Base y 403-1.1 para el material de la Sub-Base; además de emplear las normas AASHTO T-96 INEN 861 y 860 para el ensayo de abrasión en la máquina de los Ángeles.

5.4.2.1 Material de la Sub – base

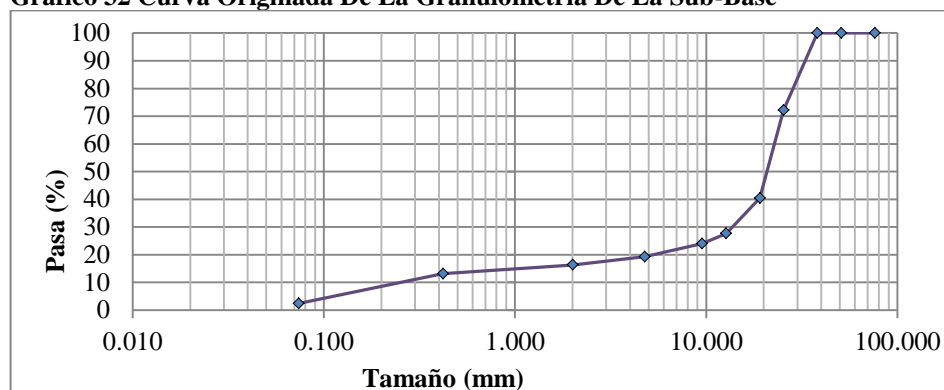
La sub-base ensayada en laboratorio presenta el siguiente resumen de resultados:

Tabla 64 Resumen resultado de granulometría de La Sub Base

Tamiz	TAMAÑO	Masa Retenido Parcial	Porcentajes Retenido		Pasa
	mm		Parcial %	Acumulada. %	
3"	76.200		0	0	100
2"	50.800		0	0	100
1 1/2"	38.100	0	0	0	100
1"	25.400	5344	28	28	72
3/4"	19.100	6084	32	60	40
1/2"	12.700	2453	13	72	28
3/8"	9.520	689	4	76	24
No. 4	4.760	910	5	81	19
No. 10	2.000	567	3	84	16
No. 40	0.420	613	3	87	13
No. 200	0.074	2061	11	98	2

Fuente: Laboratorio Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, 2019

Gráfico 32 Curva Originada De La Granulometría De La Sub-Base



Fuente: Laboratorio Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, 2019

Con los resultados obtenidos de la tabla N° 64 y en base a la normativa MOP-001-F 2002 sección 403-1 nos permite clasificar a la sub-base de la mina como una clase 3

Tabla 65 Tipos de Sub-bases

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	Clase 1	Clase 2	Clase 3
3" (76.2 mm.)	--	--	100
2" (50.4 mm.)	--	100	--
1 1/2" (38,1 mm.)	100	70-100	--
N° 4 (4.75 mm.)	30-70	30-70	30-70
N° 40 (0.425 mm.)	30-70	15-40	--
N° 200 (0.075 mm.)	0-15	0-20	0-20

Fuente: MOP F 001 2002 - pg.243 sección 403-1 Sub-bases, 2002

En cuanto a la abrasión y CBR el MOP-001-F 2002 establece que los agregados que se empleen para la sub-base deberán tener un coeficiente de desgaste máximo de

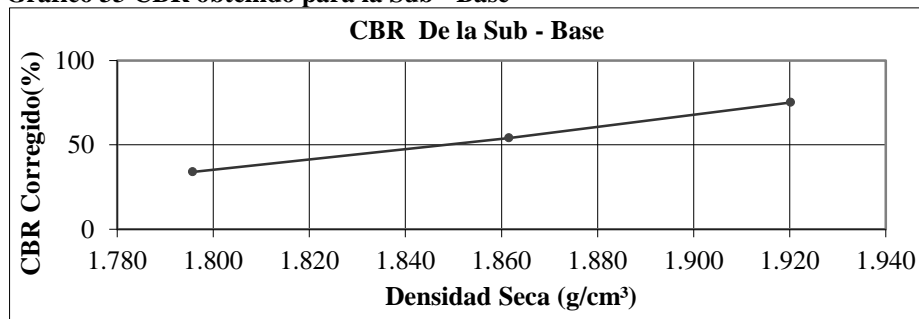
50%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles y un CBR mayor o igual al 30% (MOP-001-F, 2002, p. 242); en base a este parámetro la mina en estudio cumple con estas condición obteniendo un valor de desgaste del 27.50% y CBR de 69% como se muestra a continuación:

Tabla 66 Resultados De Abrasión De La Sub-base

ENSAYO DE ABRASIÓN			
$D = C / A * 100$			
$C = A - B$			
TIPO DE GRADACIÓN: B			
MASA INICIAL DE LA MUESTRA:	A =	5000	g.
MASA RETENIDA EN EL TAMIZ No 12 DESPUES DE 500 REVOLUCIONES	B =	3625	g.
MASA QUE PASA EL TAMIZ No 12	C =	1375	g.
PORCENTAJE DE DESGASTE	D =	27.50	%

Fuente: Laboratorio Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, 2019

Gráfico 33 CBR obtenido para la Sub - Base



Valor CBR De La Sub-Base		
Máxima Densidad		CBR
%		%
90	1.817	53
95	1.918	69

Fuente: Laboratorio Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, 2019

Por cuanto el desgaste por sulfatos el MOP F 001 2002 establece que los agregados gruesos no deberán experimentar una desintegración ni pérdida total mayor del 12 % en peso, cuando se los someta a cinco ciclos de la prueba de durabilidad al sulfato de sodio, según lo especificado en la norma INEN 863. (MOP-001-F, 2002, p. 629).

Acorde esto el ensayo nos arroja un resultado de desgaste de 8.04%, por lo que podemos decir que el material encontrado en la mina cumple con todos los requerimientos establecidos.

Tabla 67 Resumen Ensayo por Sulfatos de la Sub-Base

Tamiz		Ret. Parcial (%)	Masa Fracciones Antes Del Ensayo	Masa Fracciones Después Del Ensayo	% Que Pasa Después Del Ensayo	% De Desgaste Parcial
Pasa	Retiene					
2 2/1"	2"	18.0	1501.00	1501.00	0.00	0.00
2"	1 1/2"	34.0	1501.00	1501.00	0.00	0.00
1 1/2"	1"	44.3	1008.00	998.25	0.97	0.76
1"	3/4"	47.8	495.00	485.20	1.98	1.43
3/4"	1/2"	51.1	672.01	658.59	2.00	1.23
1/2"	3/8"	55.0	330.99	319.96	3.33	1.77
3/8"	No.4	63.5	299.85	280.91	6.32	2.84
Porcentaje Total De Desgaste						8.04
Solución Utilizada Sulfato De Sodio				Número De Ciclos:		5

Fuente: Laboratorio Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, 2019

5.4.2.2 Material de la Base

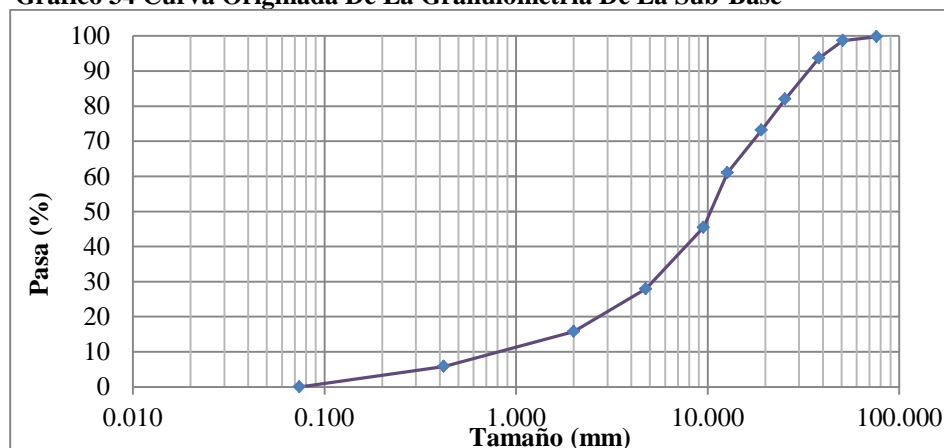
La Base ensayada en laboratorio presenta el siguiente resumen de resultados:

Tabla 68 Resumen resultado de granulometría de la Base

Tamiz	TAMAÑO	Masa Retenido Parcial	Porcentajes Retenido		Pasa
	mm		Parcial %	Acumulada. %	%
3"	76.200	152	0	0	100
2"	50.800	784	1	1	99
1 1/2"	38.100	3524	5	6	94
1"	25.400	8245	12	18	82
3/4	19.100	6259	9	27	73
1/2	12.700	8530	12	39	61
3/8	9.520	11025	16	55	45
4	4.760	12352	17	72	28
10	2.000	8611	12	84	16
40	0.420	7011	10	94	6
200	0.074	4122	6	100	1

Fuente: Laboratorio Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, 2019

Gráfico 34 Curva Originada De La Granulometría De La Sub-Base



Fuente: Laboratorio Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, 2019

Con los resultados obtenidos de la tabla N° 68 y en base a la normativa MOP-001-F 2002 sección 404-1 nos permite clasificar a la base de la mina como una clase IV.

Tabla 69 Clasificación de Base Clase IV

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
2" (50.8 mm.)	100
1" (25.4 mm.)	60-90
N° 4 (4.76 mm.)	20-50
N° 200 (0.075 mm.)	0-15

Fuente: MOP F 001 2002 - pg.254 sección 44041 Bases, 2002

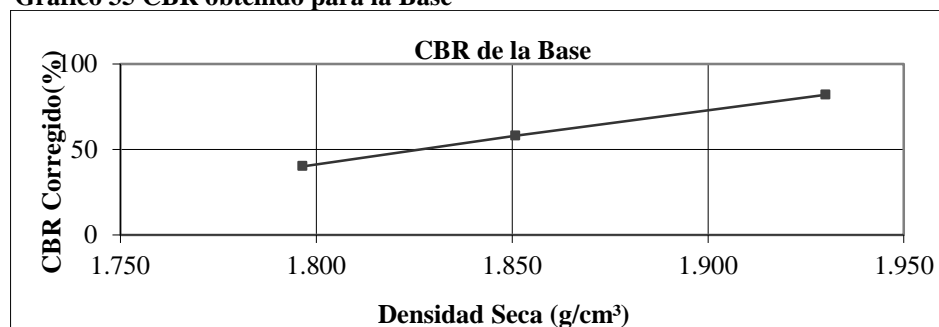
En cuanto a la abrasión y CBR el MOP-001-F 2002 establece que los agregados que se empleen para la Base deberán tener un coeficiente de desgaste menor del 40%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles y un CBR mayor o igual 80% (MOP-001-F, 2002, p. 252). En base a este parámetro la mina en estudio cumple con esta condición obteniendo un valor de desgaste del 21.72% y CBR de 82% como se muestra a continuación:

Tabla 70 Resultados De Abrasión De La Base

ENSAYO DE ABRASIÓN			
$D = C / A * 100$			
$C = A - B$			
TIPO DE GRADACIÓN: B			
MASA INICIAL DE LA MUESTRA:	A =	5000	g.
MASA RETENIDA EN EL TAMIZ No 12 DESPUES DE 500 REVOLUCIONES	B =	3914	g.
MASA QUE PASA EL TAMIZ No 12	C =	1086	g.
PORCENTAJE DE DESGASTE	D =	21.72	%

Fuente: Laboratorio Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, 2019

Gráfico 35 CBR obtenido para la Base



Valor CBR De la Base		
Máxima Densidad		CBR
%		%
90	1.823	63
95	1.925	82

Fuente: Laboratorio Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, 2019

Por cuanto el desgaste por sulfatos el MOP F 001 2002 establece que los agregados gruesos no deberán experimentar una desintegración ni pérdida total mayor del 12 % en peso, cuando se los someta a cinco ciclos de la prueba de durabilidad al sulfato de sodio, según lo especificado en la norma INEN 863. (MOP-001-F, 2002, p. 629). Acorde esto el ensayo nos arroja un resultado de desgaste de 6.72%, por lo que podemos decir que el material encontrado en la mina cumple con todos los requerimientos establecidos.

Tabla 71 Resumen Ensayo por Sulfatos de la Base

Tamiz		Ret. Parcial (%)	Masa Fracciones Antes Del Ensayo	Masa Fracciones Después Del Ensayo	% Que Pasa Después Del Ensayo	% De Desgaste Parcial
Pasa	Retiene					
2 2/1"	2"	18	0	0	0	0
2"	1 1/2"	34	1501	1500.89	0.01	0.01
1 1/2"	1"	44.3	1000	989.99	1	0.84
1"	3/4"	47.8	500	492.66	1.47	1.04
3/4"	1/2"	51.1	672.01	649.58	3.34	1.93
1/2"	3/8"	55	330.99	319.66	3.42	1.6
3/8"	No.4	63.5	300.78	289.66	3.7	1.3
Porcentaje Total De Desgaste						6.72
Solución Utilizada Sulfato De Sodio				Número De Ciclos:	5	

Fuente: Laboratorio Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, 2019

5.4.3 Topografía y Volumen de explotación de la Mina

Para poder establecer el volumen de extracción de materiales fue necesario realizar el levantamiento topográfico de la mina en estudio y de esta manera mediante un modelo digital realizado en el paquete computacional MDT poder llegar a estimar si el volumen de material será el suficiente para abastecer la futura construcción del proyecto.

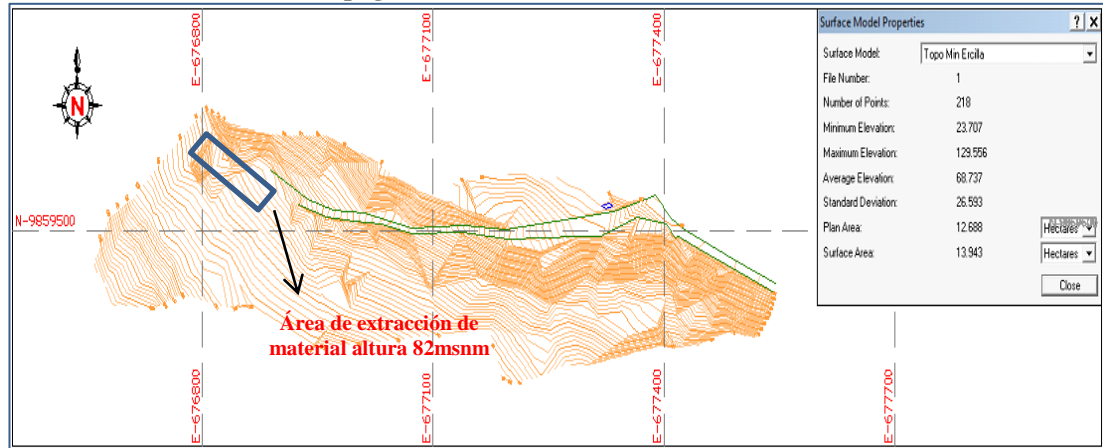
Gráfico 36 Mina La Ercilla – Fuente de Materiales



Fuente: Google Earth, 2019

A continuación se muestra el levantamiento topográfico de la mina en estudio, la cual tiene un área de 12.68 Ha.

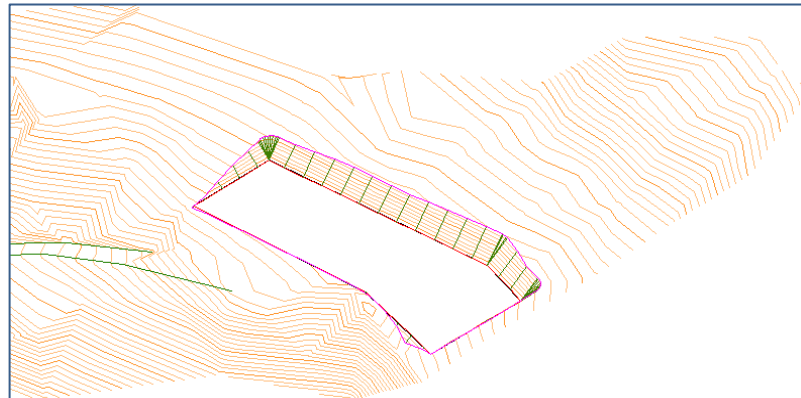
Gráfico 37 Levantamiento Topográfico De La Mina La Ercilla



Fuente: Paola Cepeda, 2019

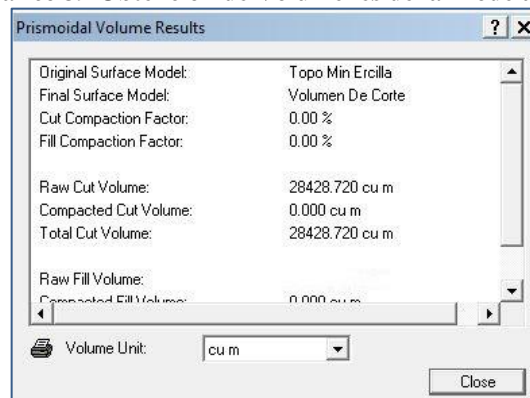
Como podemos observar en el Gráfico N° 36 se cuenta con una altura de explotación de 40m, mina que actualmente se encuentra descapotada, a continuación se presenta un modelo estimado de la extracción de material para el proyecto Mulligua – San Juan de Siles.

Gráfico 38 Modelo estimado de Extracción de Volúmenes de Material



Fuente: Programa MDT Modelo Digital Del Terreno, 2019

Gráfico 39 Obtención de Volúmenes de la Modelación



Fuente: Programa MDT Modelo Digital Del Terreno, 2019

Realizando un análisis de los gráficos anteriores nos damos cuenta que el área de explotación de la mina (0.83 ha) con respecto al área total levantada (12.68 ha) representa un 6.54% del área total, cuyo volumen de material obtenido es de 28 428,720 m³, por lo que se determina que la mina abastecerá la construcción de la vía en estudio; hay que tomar en cuenta que al tener una distancia del proyecto hacia la mina de 55.2 km el costo del transporte tendrá un valor significativo indicándonos un aumento en el costo construcción de la vía.

5.5 Diseño Estructural de la Vía

El diseño del pavimento a implantarse en la vía en estudio se lo realizará mediante el método AASHTO 93, el cual se encuentra en base al número estructural de la subrasante y el análisis por capas que irán a ser colocadas una sobre otra desde la sub-rasante; esto con el objetivo de aumentar la resistencia del suelo a las cargas que producirán los vehículos que transitarán por la sección de diseño.

A continuación se presenta la ecuación establecida por el AASHTO 93 para diseño de pavimento flexible.

$$\log_{10} W_{18} = ZR * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{1.094} + 2.32 * \log_{10} Mr - 8.07$$

$$0.4 + \frac{1}{(SN + 1)^{5.19}}$$

Ec. 30

Dónde:

- ZR = Factor de desviación normal para un nivel de confiabilidad R
- MR = Módulo de resiliencia efectivo de la subrasante
- ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y el final deseado W_{t18} :
- S_o = Desviación estándar
- SN = Número estructural
- W_{18} = Tráfico equivalente o ESAL's.

5.5.1 TPDA y Carga vehicular de diseño

El TPDA considerado como el total de número de vehículos que circularán por la vía durante todo su periodo de diseño, determinado a través de las recomendaciones establecidas por el MOP 2003 en su capítulo A 1.d con sus correspondientes valores porcentuales de cada tipo de vehículo, mismos que fueron llevados hasta la obtención de la carga vehicular correspondiente al número total de ejes equivalentes (ESALS's) que transitarán por la vía; valores determinados en el capítulo III del desarrollo de este proyecto para periodos de 10 y 20 años y cuyos resultados se resumen a continuación:

Tabla 72 ESAL's y TPDA de diseño

Años	TPDA Vehículos	Ejes Equivalentes
2029 (10 años)	219	250 566
2039 (20 años)	270	543 779

Fuente: Paola Cepeda, 2019

5.5.2 Desviación Estándar (So) & Índice De Servicialidad (Δ Psi)

La Desviación Estándar (So), es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento; como por ejemplo, construcción, medio ambiente, incertidumbre del modelo. (MANUAL DE CARRETERAS CONSERVACIÓN VIAL, 2013)

El índice de servicialidad es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleje el peor. (MANUAL DE CARRETERAS CONSERVACIÓN VIAL, 2013)

Acorde a lo establecido por la AASHTO 93 en su manual de diseño se tomara un valor de Índice de servicialidad inicial (Po) de 4.2 para pavimento flexible; y un valor de Índice de servicialidad final (Pt) de 2.0 por considerarse a la vía de clasificación menor.

Tabla 73 Índices de Serviciabilidad de diseño

Índice De Servicialidad Inicial (Po)	
4.2	pavimentos flexible
4.5	pavimentos rígidos
Índice De Servicialidad Final (Pt)	
2.5 6 3.0	carreteras principales
2	carreteras con clasificación menor
1.5	carreteras relativamente menores , donde las condiciones económicas determinan que gastos iniciales deben ser mantenidos bajos

Fuente: Guide For Design Of Pavement Structures AASHTO 1993, Pg. 28

Determinado los índices serviciabilidad tanto inicial como final se obtuvo la variación de serviciabilidad ΔPSI mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta PSI = Po - Pt \quad \text{Ec. 31}$$

$$\Delta PSI = 4.20 - 2.00 = 2.20$$

El valor de desviación estándar fue tomado en base al siguiente cuadro establecido por el AASHTO 93 tomado un valor promedio de 0.45 para pavimento flexible.

Tabla 74 Desviación Estándar Total (So)

Valores de Diseño por el AASHTO 93	
0.30 - 0.40	Pavimentos rígidos
0.40 - 0.50	Pavimentos flexibles

Fuente: Guide For Design Of Pavement Structures AASHTO 1993, Pg. 84

5.5.3 Confiabilidad de Diseño (R%) y Desviación Estándar (Zr)

El método AASHTO incorpora el criterio de la confiabilidad (R%) que representa la probabilidad que una determinada estructura se comporte, durante su periodo de diseño, de acuerdo con lo previsto. Esta probabilidad está en función de la variabilidad de los factores que influyen sobre la estructura del pavimento y su comportamiento. (MANUAL DE CARRETERAS CONSERVACIÓN VIAL, 2013)

Tabla 75 Nivel De Confiabilidad de Diseño

Clasificación	Nivel De Confiabilidad Recomendado (R)	
	Urbano	Rural
Autopista y carreteras interestatales, y otras vías	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: Guide For Design Of Pavement Structures AASHTO 1993, Pg. 99

Acorde al estudio realizado en el Cap. III del presente proyecto se llega a determinar que la vía en diseño será considerada como una vía local en zona rural acorde a su clasificación funcional; esto conlleva a tomar un valor de confiabilidad del 80% valor que a pesar que implicará un diseño de pavimento costoso permitirá en el tiempo un menor costo de mantenimiento vial, muy importante debido a que en zonas rurales no se cuentan con los suficientes recursos económicos para reparaciones y adecuado mantenimiento de la vía.

El coeficiente estadístico de Desviación Estándar (Z_r) representa el valor de la confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal. (MANUAL DE CARRETERAS CONSERVACIÓN VIAL, 2013)

Tabla 76 Valores Normales De Desviación Estándar (Z_r)

Confiabilidad (R%)	Desviación Normal Estándar (Z_r)
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Fuente: Guide For Design Of Pavement Structures AASHTO 1993, Pg. 84

Para una confiabilidad de diseño del 80% el valor de desviación estándar $Z_R = -0.841$ tanto para el período de 10 y 20 años de diseño

5.5.4 Capacidad de Drenaje (mi)

El valor de este coeficiente depende de dos parámetros: la capacidad del drenaje, que se determina de acuerdo al tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento,

y el porcentaje de tiempo durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación, en el transcurso del año. (AASHTO A. A., 1993). En el presente estudio se deberá asumir como una calidad de drenaje excelente, esto debido a que por la topografía escarpada y pendientes muy pronunciadas el agua sobre la vía será un factor importante para evitar daños, por lo que se estima un tiempo de evacuación del agua de 2 horas.

Tabla 77 Capacidad drenaje para evacuar La Humedad

Calidad De Drenaje	Tiempo De Eliminación Del Agua En
Excelente	2 Horas
Bueno	1 Día
Regular	1 Semana
Pobre	1 Mes
Malo	El Agua no Drena

Fuente: Guide For Design Of Pavement Structures AASHTO 1993, Pg. 112

Para la obtención de los coeficientes de drenaje de las respectivas capas que conformarán la estructura de pavimento se procedió a dividir la precipitación media máxima del mes con mayor precipitación para la precipitación total anual, datos obtenidos de los anuarios de la estación meteorológico M 0123- Corazón

Tabla 78 Estación M-0123 – Resultado Precipitaciones medias Mensuales –Multianuales

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May.	Jun	Total
Mes	463.1	518.5	563.0	472.6	242.1	74.1	2811.20
Año	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Mes	27.6	20.2	44.5	62.4	81.5	241.1	

Fuente: Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología INAMHI, 2015

$$m_2 = \frac{\text{Precipitación de meses mayores de lluvia}}{\text{Precipitación total anual}} * 100 \quad \text{Ec. 32}$$

$$m_2 = \frac{563.00}{2811.20} * 100 = 20.02\%$$

Mediante la Ecuación 32 se obtiene como resultado que las capas que conformarán la estructura de pavimento llegarán a tener un 20.02% de saturación; y mediante la normativa AASHTO 93 se definen los valores de capacidad de drenaje tanto para la base ($m_1=1.275$) y sub-base ($m_2= 1.037$), valores que fueron interpolados bajo la siguiente tabla:

Tabla 79 Coeficientes De Drenaje Para Tiempos En Función De La Calidad Del Drenaje

Calidad De Drenaje	Porcentaje De Tiempo Anual En Que La Estructura Del Pavimento Está Expuesta A Niveles Cercanos A Saturación						
	0%	1%	1%	5%	5%	25%	25% a más
Excelente	1.40	1.35	1.35	1.30	1.30	1.20	1.20
Bueno	1.35	1.25	1.25	1.15	1.15	1.00	1.00
Regular	1.25	1.15	1.15	1.05	1.00	0.80	0.80
Pobre	1.15	1.05	1.05	0.80	0.80	0.60	0.60
Malo	1.05	0.95	0.95	0.75	0.75	0.40	0.40

Fuente: Guide For Design Of Pavement Structures AASHTO 1993, Pg. 112

5.5.5 Número Estructural Requerido de la Subrasante (SN_T)

Los datos obtenidos y procesados se aplican a la ecuación de diseño AASHTO y se obtiene el Número Estructural, que representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán, o sea de la capa de rodadura, de base y sub-base, mediante el uso de los coeficientes estructurales. (MANUAL DE CARRETERAS CONSERVACIÓN VIAL, 2013)

El módulo resiliente calculado en esta capítulo fue de 20 532 PSI, y a partir de los parámetros anteriormente calculados se procedió a determinar el número estructural necesario de la subrasante.

Tabla 80 Parámetros para obtención del número estructural de la sub-rasante

Material	T (AÑOS)	MR	TPDA	ESALS' s	Confia bilidad	D. Estándar	So	Po	Pt	Δ PSI
		PSI			R%	Zr				
Subrasante	10 años	20 532	219	250 566	80	-0.841	0.45	4.2	2.00	2.20
	20 años		270	543 779	80	-0.841	0.45			

Fuente: Guide For Design Of Pavement Structures AASHTO 1993

Gráfico 40 Número Estructural Para 10 Años – Sub- Rasante

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento:
☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Confiability (R) y Desviación estándar (So):
 80 % Zr=-0.841 So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final:
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2.0

Módulo resiliente de la subrasante:
 Mr = 20532 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:
 Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis:
☒ Calcular SN ☐ Calcular W18

W18 = 250566

Número Estructural:
 SN = 1.72

Calcular Salir

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Gráfico 41 Número Estructural Para 20 Años – Sub- Rasante

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento:
☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Confiability (R) y Desviación estándar (So):
 80 % Zr=-0.841 So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final:
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2.0

Módulo resiliente de la subrasante:
 Mr = 20532 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:
 Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis:
☒ Calcular SN ☐ Calcular W18

W18 = 543779

Número Estructural:
 SN = 1.96

Calcular Salir

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Los valores obtenidos fueron de 1.72 y 1.96 para 10 y 20 años respectivamente.

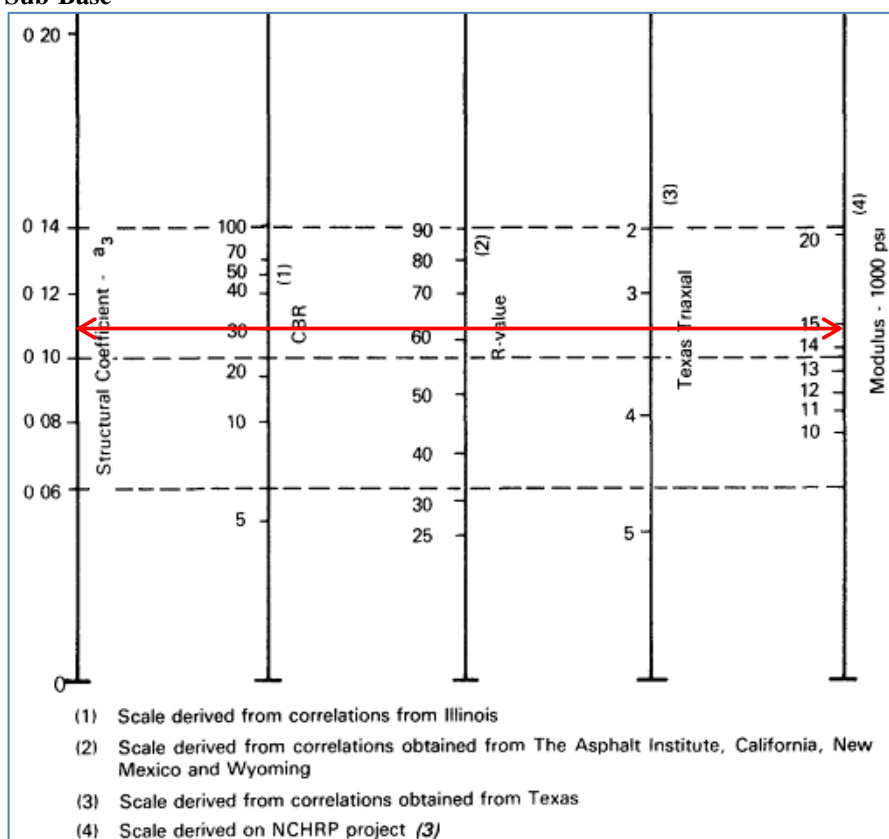
5.5.6 Número estructural de la Sub-base (SN₃)

EL MOP 001-F 2002 capítulo 403 referente a la sub-base indica que la porción que pase el tamiz N° 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25 (MOP-001-F, 2002, p. 242). Además deberán cumplir las siguientes condiciones:

Los agregados que se empleen deberán tener un coeficiente de desgaste máximo de 50%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles. La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%. (MOP-001-F, 2002, p. 242)

El proyecto estará constituido por una sub-base clase III y con los parámetros mínimos necesarios nombrados anteriormente se determina el coeficiente estructural y módulo resiliente para este material, en base a los ábacos establecidos por la normativa AASHTO 93.

Ilustración 3 Ábaco Para La Determinación Del Coeficiente Estructural Y Módulo Resiliente Para La Sub-Base



Fuente: Guide For Design Of Pavement Structures AASHTO 1993, Pg. 111

- Módulo resiliente de la sub-base $M_{rs} = 15\,000$ PSI
- Coeficiente estructural de sub-base (a_3) = 0.110

A partir de estos valores se procedió con la determinación del número estructural para este material.

Tabla 81 Parámetros para obtención del número estructural de la sub-base

Material	T (AÑOS)	MR	TPDA	ESALS' s	Confia bilidad	D. Estándar	So	Po	Pt	Δ PSI
		PSI			R%					
Sub-Base	10 años	15 000	219	250 566	80	-0.841	0.45	4.2	2.00	2.20
	20 años		270	543 779	80	-0.841	0.45			

Fuente: Guide For Design Of Pavement Structures AASHTO 1993

Gráfico 42 Número Estructural Para 10 Años – Sub- base

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento: ☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Confianza (R) y Desviación estándar (So): 80 % Zr=-0.841 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial 4.2 PSI final 2.0

Módulo resiliente de la subrasante: Mr 15000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi): Coeficiente de transmisión de carga - (J):

Módulo de rotura del concreto - Sc (psi): Coeficiente de drenaje - (Cd):

Tipo de Análisis: ☒ Calcular SN ☐ Calcular W18

W18 = 250566

Número Estructural: SN = 1.94

Calcular Salir

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Gráfico 43 Número Estructural Para 20 Años – Sub- base

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento: ☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Confianza (R) y Desviación estándar (So): 80 % Zr=-0.841 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial 4.2 PSI final 2.0

Módulo resiliente de la subrasante: Mr 15000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi): Coeficiente de transmisión de carga - (J):

Módulo de rotura del concreto - Sc (psi): Coeficiente de drenaje - (Cd):

Tipo de Análisis: ☒ Calcular SN ☐ Calcular W18

W18 = 543779

Número Estructural: SN = 2.20

Calcular Salir

Fuente: Paola Cepeda, 2019

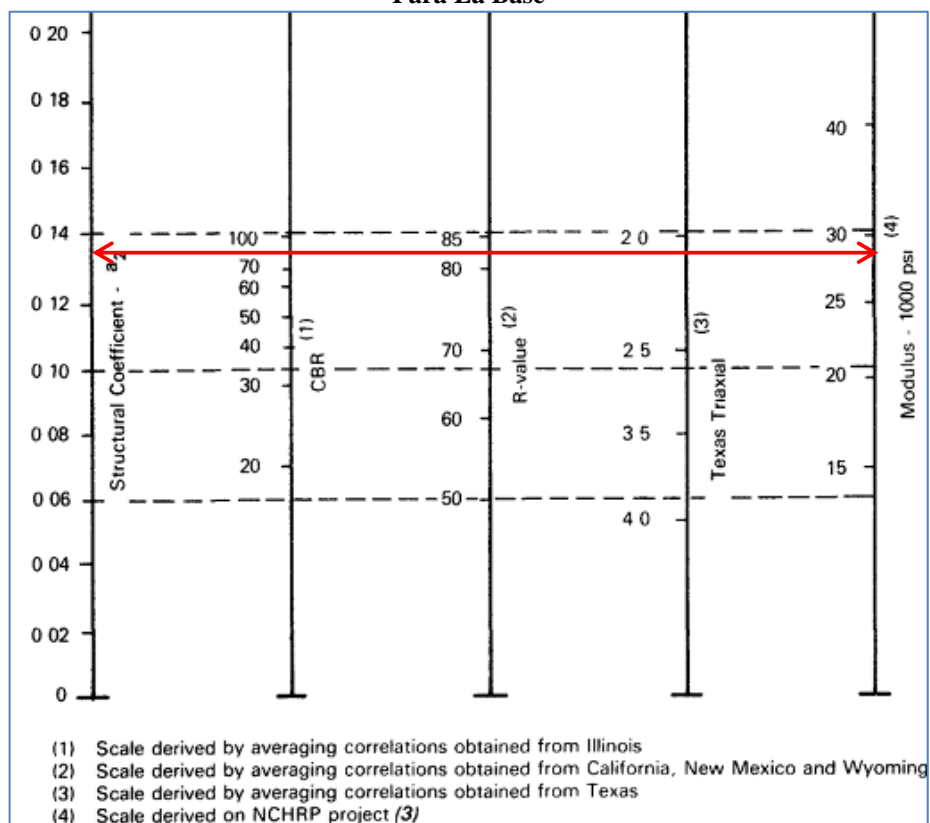
Los valores de números estructurales obtenidos fueron de 1.94 y 2.20 para 10 y 20 años respectivamente.

5.5.7 Número estructural de la Base (SN₂)

EL MOP 001-F 2002 el literal 404 establece que para Bases el límite líquido de la fracción que pase el tamiz N° 40 deberá ser menor de 25 y el índice de plasticidad menor de 6. (MOP-001-F, 2002, p. 252), y además deberá cumplir que:

El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor del 40% y el valor de soporte de CBR deberá ser igual o mayor al 80%. (MOP-001-F, 2002, p. 252). El proyecto estará constituido por una base clase IV y con los parámetros mínimos necesarios nombrados anteriormente se determina el coeficiente estructural y módulo resiliente para este material, en base a los ábacos establecidos por la normativa AASHTO 93.

Ilustración 4 Ábaco Para La Determinación Del Coeficiente Estructural Y Módulo Resiliente Para La Base



Fuente: Guide For Design Of Pavement Structures AASHTO 1993, Pg. 112

- Módulo resiliente de la Base $M_{rs} = 28700$ PSI
- Coeficiente estructural de sub-base (a_2) = 0.135

A partir de estos valores se procedido con la determinación del número estructural para este material.

Tabla 82 Parámetros para obtención del número estructural de la Base

Material	T (AÑOS)	MR	TPDA	ESALS' s	Confiabilidad	D. Estándar	So	Po	Pt	Δ PSI
		PSI			R%	Zr				
Base	10 años	28 700	219	250 566	80	-0.841	0.45	4.2	2.00	2.20
	20 años		270	543 779	80	-0.841	0.45			

Fuente: Guide For Design Of Pavement Structures AASHTO 1993

Gráfico 44 Número Estructural Para 10 Años – Base

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' window. The 'Tipo de Pavimento' section has 'Pavimento flexible' selected. The 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' section shows '80 % Zr=-0.841' and 'So = 0.45'. The 'Serviciabilidad inicial y final' section shows 'PSI inicial = 4.2' and 'PSI final = 2.0'. The 'Módulo resiliente de la subrasante' section shows 'Mr = 28700 psi'. The 'Información adicional para pavimentos rígidos' section is empty. The 'Tipo de Análisis' section has 'Calcular SN' selected, showing 'W18 = 250566'. The 'Número Estructural' section shows 'SN = 1.50'. There are 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Gráfico 45 Número Estructural Para 20 Años – Base

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' window. The 'Tipo de Pavimento' section has 'Pavimento flexible' selected. The 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' section shows '80 % Zr=-0.841' and 'So = 0.45'. The 'Serviciabilidad inicial y final' section shows 'PSI inicial = 4.2' and 'PSI final = 2.0'. The 'Módulo resiliente de la subrasante' section shows 'Mr = 28700 psi'. The 'Información adicional para pavimentos rígidos' section is empty. The 'Tipo de Análisis' section has 'Calcular SN' selected, showing 'W18 = 543779'. The 'Número Estructural' section shows 'SN = 1.72'. There are 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Los valores de números estructurales obtenidos fueron de 1.50 y 1.72 para 10 y 20 años respectivamente.

5.5.8 Número estructural concreto Asfáltico

Es la última capa que se construye, y es sobre ella donde circulan los vehículos durante el período de servicio del pavimento. Por esto, debe ser resistente a la abrasión producida por el tráfico; además está constituida por material pétreo y un producto asfáltico. Su función es el de proporcionar al tránsito una superficie estable, prácticamente impermeable, uniforme y de textura apropiada. (GABRIEL ENRIQUE BONETT SOLANO, 2014).

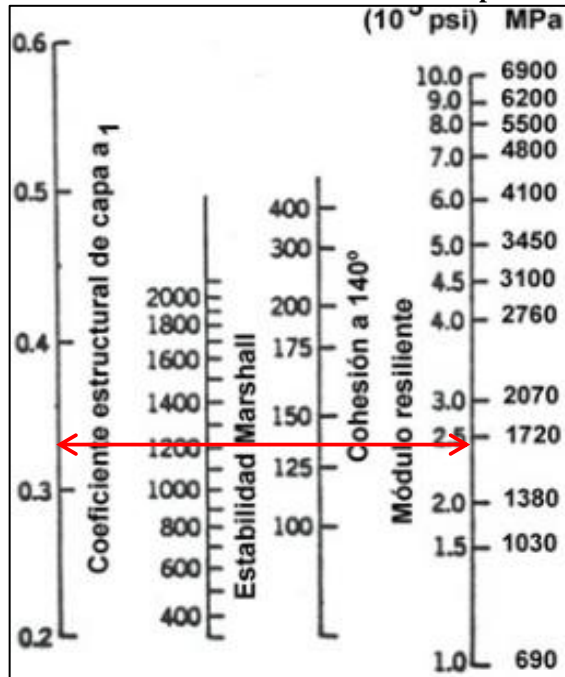
Acorde al MOP F 001, este debe ser resistente al desgaste como a la fractura para soportar las distintas cargas, en pavimentos de poco a regular transito se coloca una carpeta de un solo espesor y en casos de tráfico intenso y pesado el espesor de la carpeta asfáltica se divide en: Carpeta de desgaste y capa de liga. (MOP-001-F 2. , 2002, p. 280).

Tabla 83 Control De Calidad De Mezclas Asfálticas

Tipo De Tráfico	Muy Pesado		Pesado		Mediano		Liviano	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
CRITERIOS Marshall	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
No de golpes/ capa	75		75		50		50	
Estabilidad (lb)	2200	-----	1800	-----	1200	-----	1000	2400
Flujo (in/100)	8	14	8	14	8	16	8	16
* Capa de rodadura	3	5	3	5	3	5	3	5
* Capa intermedia	3	8	3	8	3	8	3	8
* Capa de base	3	9	3	9	3	9	3	9

Fuente: MOP F 001 2002 - pg.309 sección 405-5.04 Capas de Rodadura, 2019

Ilustración 5 Coeficiente Estructural Para Carpeta Asfáltica



Fuente: Guide For Design Of Pavement Structures AASHTO 1993, Pg. 114

La vía en estudio considerada como una vía de tráfico mediano, la mezcla asfáltica tendrá una estabilidad Marshall de 1200 lb, con este valor y en base a la ilustración No 5 se obtuvieron los siguientes resultados:

- Estabilidad Marshall= 1200 lb
- Módulo resiliente asfalto $M_{rs} = 2.4 \times 10^5 \text{ PSI}$
- Coeficiente estructural de asfalto (a_1) = 0.33

5.5.9 Espesores de Pavimento Flexible

El método del AASHTO 1993 propone la siguiente ecuación para la determinación de los espesores de cada una de las capas que formarán parte de la estructura de pavimento a implementarse a lo largo de la vía.

$$D_i = \frac{S N_i}{a_i \cdot m_i} \quad \text{Ec. 33}$$

Dónde:

a_i = Coeficientes de capa Base, Sub-Base y asfalto

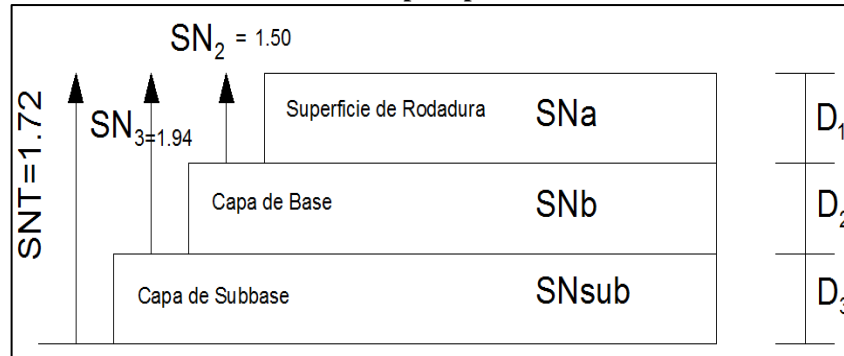
m_i = Coeficientes drenaje de Base, Sub-Base y asfalto

D_i = Espesores de Base - Sub-base y asfalto

SN_i = Espesores de Base - Sub-base y asfalto

Los números estructurales para 10 años de detalla a continuación:

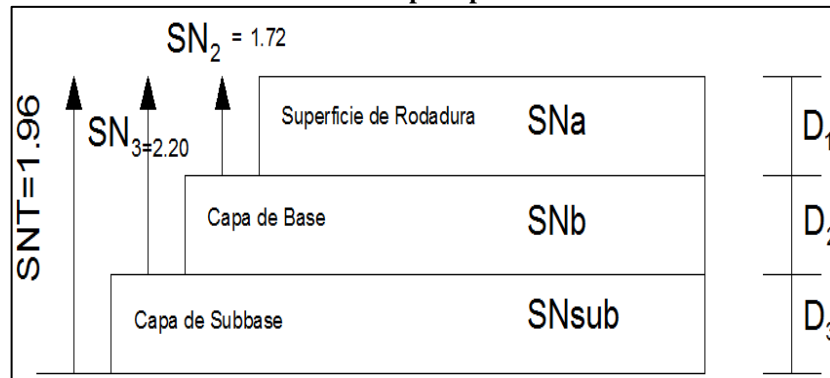
Gráfico 46 Números estructurales para periodo de 10 años



Fuente: Paola Cepeda, 2019

Los números estructurales para 20 años de detalla a continuación:

Gráfico 47 Números estructurales para periodo de 20 años



Fuente: Paola Cepeda, 2019

En base a los gráficos anteriores se procede a determinar los espesores de cálculo, para lo cual se cuenta con las siguientes ecuaciones:

$$SNa = SN2 \quad \text{Ec. 34}$$

$$SNb = SN3 - SN2 \quad \text{Ec. 35}$$

$$SNsub = SNT - SN3 \quad \text{Ec. 36}$$

De esta manera a continuación se detallan los valores obtenidos:

Tabla 84 Determinación de los espesores de cálculo periodo de 10 años

Estructura	Numero Estructural (Sn)	Coficiente estructural Capa (A)	Coef. Drenaje (mí)	Espesor De Cálculo (D'')
Asfalto	1.500	0.330	1.000	4.5
Base	0.440	0.135	1.175	2.8
Sub-Base	0.000	0.110	1.037	0.0
Numero Estructural De Cálculo = 1.94 > 1.72 Cumple				

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 85 Determinación de los espesores de cálculo periodo de 20 años

Estructura	Numero Estructural (Sn)	Coefficiente estructural Capa (A)	Coef. Drenaje (mi)	Espesor De Cálculo (D'')
Asfalto	1.720	0.330	1.000	5.2
Base	0.480	0.135	1.175	3.0
Sub-Base	0.000	0.110	1.037	0.0
Numero Estructural De Cálculo = 2.20 > 1.96 Cumple				

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Para la determinación final de los espesores la normativa AASHTO 93 establece valores mínimos de capas de estructura de pavimento en base al número de ejes equivalentes.

Tabla 86 Espesores Mínimos en función de número de Ejes Equivalentes

Tránsito ESAL's Ejes Equivalentes	Carpeta De Concreto Asfáltico	Base Granular
Menos de 50,000	1,0 Ó T.S.D	4,0
50,001 - 150,000	2,0	4,0
150,001 - 500,000	2,5	4,0
500,001 - 2 000,000	3,0	6,0
2 000,001 - 7 000,000	3,5	6,0
Mayor de 7 000,000	4,0	6,0

Fuente: Guide For Design Of Pavement Structures AASHTO 1993, Pg. 180

Acorde a la Tabla 86 se establece que para un período de diseño de 10 años con un numero de ejes equivalentes Esal's de 250 566, los espesores a adoptarse serán: 2.5'' de asfalto y 4.0'' de base granular; y para el periodo de 20 años con un número de ejes equivalentes Esal's de 543 779, los espesores a adoptarse serán de 3.00'' de asfalto y 6.00'' de base granular. Los espesores finales para los diferentes periodos de diseño se detallan continuación y utilizando la ecuación No 37

$$SN = a1 * d1 + a2 * d2 + a3 * d3 + a4 * d4 \quad \text{Ec. 37}$$

Dónde:

a1, a2, a3 = Coeficientes de capa de asfalto, Base, Sub-Base

d1, d2, d3 = Espesor de capa de Base, Sub-Base, carpeta asfáltica

m2, m3 = Coeficientes de drenaje de Base - Sub-base.

SN = Número estructural total de la suma de Base - Sub-base y asfalto

Tabla 87 Espesores finales para periodo de 10 años

Material	Espesor (in)	Espesor (cm)	Coefficiente De Capa	Coefficiente de Drenaje	(SN) Parcial
Asfalto	2.50	6.50	0.330	1.000	0.83
Base Clase IV	6.00	15.50	0.135	1.175	0.95
Sub Base Clase III	0.00	0.00	0.110	1.037	0.00
Numero Estructural Total Obtenido					1.78
Numero Estructural Requerido					1.72
1.78 > 1.72 Ok Cumple					

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 88 Espesores finales para periodo de 20 años

Material	Espesor (in)	Espesor (cm)	Coefficiente De Capa	Coefficiente De Drenaje	(SN) Parcial
Asfalto	3.00	8.00	0.330	1.000	0.99
Base Clase IV	6.50	16.50	0.135	1.175	0.95
Sub Base Clase III	0.00	0.00	0.110	1.037	0.00
Numero Estructural Total Obtenido					2.02
Numero Estructural Requerido					1.96
2.02 > 1.96 Ok Cumple					

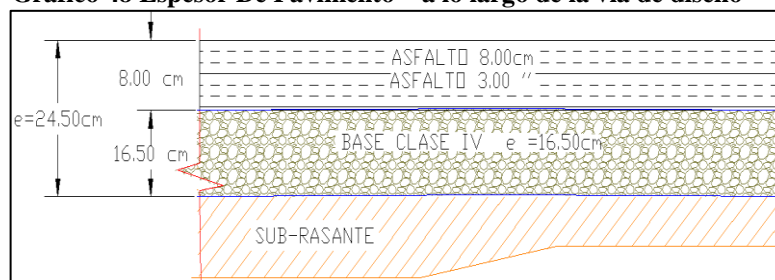
Fuente: Paola Cepeda, 2019

5.6 Elección Espesores De Diseño – Cálculo De Volúmenes De Obra

5.6.1 Elección de los espesores finales

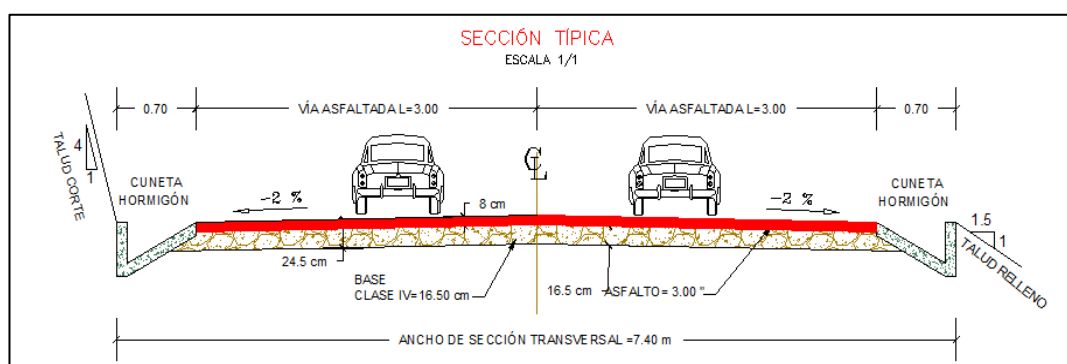
Las capas de la estructura de pavimento para 10 años obtenida mediante el análisis realizado dan como resultado espesores pequeños (22 cm), obteniendo: 2.50'' de asfalto y 15.50 cm de base granular clase IV; el número estructural obtenido con estos espesores fue de 1.78 siendo mayor al requerido 1.72. Las capas de la estructura de pavimento para 20 años obtenida mediante el análisis realizado dan como resultado espesores pequeños (24.50 cm), obteniendo: 3.00'' de asfalto y 16.50cm de base granular clase IV; el número estructural obtenido con estos espesores fue de 2.02 siendo mayor al requerido 1.96. La opción a escogerse fue la de 20 años ya que mejora el comportamiento del pavimento sensiblemente tanto para el periodo de 10 y 20 años, evitando el deterioro por el comportamiento de las cargas a existir sobre la vía.

Gráfico 48 Espesor De Pavimento – a lo largo de la vía de diseño



Fuente: Paola Cepeda, 2019

Gráfico 49 Sección Típica a lo largo de la vía Mulligua – San Juan Siles



Fuente: Paola Cepeda, 2019

5.6.2 Volúmenes de Obra

- Longitud de diseño = 2+843.261
- Espesor de Asfalto = 3'' (8cm)
- Espesor de Base clase IV= 16.50 cm

Tabla 89 Cantidades De Obra – Pavimento Flexible

#	Movimiento de tierra	U.	Cantidad	Observación
1	Volumen de Corte	m ³	31 121.307	Obtenido del diseño horizontal y Vertical
2	Volumen de Relleno	m ³	1 241.574	Obtenido del diseño horizontal y Vertical
3	Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta de 8.00 cm. de espesor	m ²	21 040.13	Obtenido del producto entre el ancho de la sección y la longitud total de la vía
4	Material granular Base Clase IV	m ³	2 815.40	Obtenido del producto entre el área del espesor y la longitud de la vía,

Fuente: Paola Cepeda, 2019

CAPITULO VI

6 Diseño hidráulico

El sistema de drenaje vial es de importancia vital para el funcionamiento y operación de la carretera; tiene cuatro funciones principales: Desalojar rápidamente el agua de lluvia que cae sobre la calzada; controlar el nivel freático; interceptar al agua que superficial o subterráneamente escurre hacia la carretera; y, conducir de forma controlada el agua que cruza la vía. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003, p. 255)

6.1 Alcance

Se diseñará el sistema de drenaje vial para el agua que fluye a lo largo de la superficie de la plataforma, tanto de la vía en sí como desde la contribución de las pendientes superiores adyacentes para mantener la vida útil de la estructura vial por lo cual se debe canalizar y evacuar mediante estructuras de acondicionamiento en la entrega final de tal manera que no haya daños en la carretera o afecte su descarga.

6.2 Información básica

Para el estudio de drenaje vial se necesitará la siguiente información:

6.2.1 Cartografía y topografía

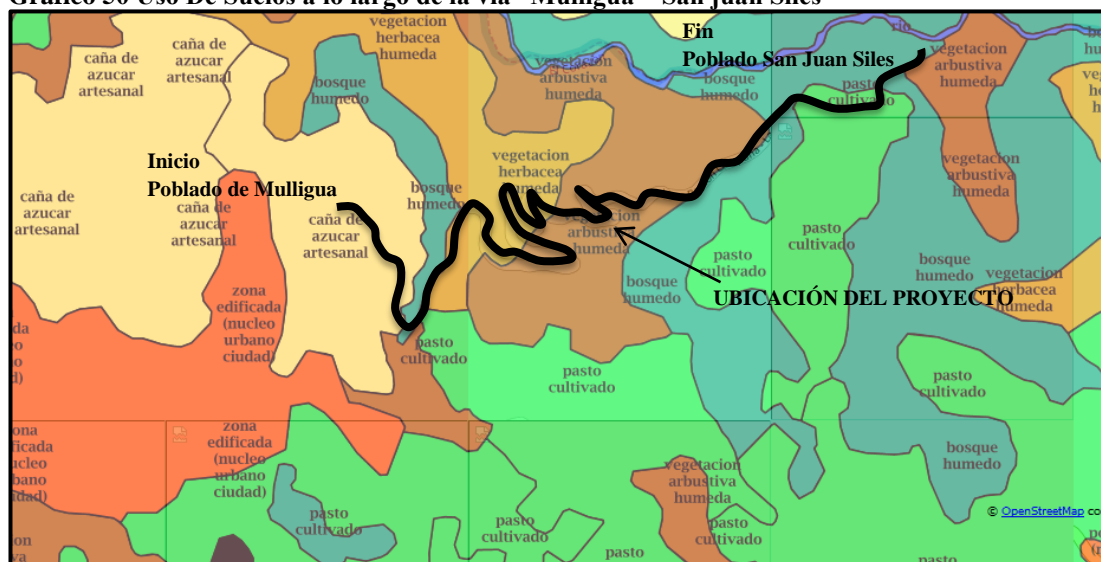
Para un óptimo diseño de drenaje vial la cartografía y topografía son la base primordial. Para el diseño hidráulico y encontrar áreas de aportación de cunetas se necesita la topografía a escala 1:1000 mientras que para trazo de áreas de aportación para alcantarillas o causes que crucen transversalmente se utilizará una escala 1:50 000. Toda esta información se encuentra en la Carta Básica Nacional del IGM EL CORAZÓN CT – NIV – B2, 3790 – I, la cual contiene en su totalidad el proyecto vial.

6.2.2 Tipos Y Uso De Suelo De Las Cuencas De Drenaje

En el área de influencia del proyecto se encuentran suelos limosos de baja plasticidad y arenas limosas, además podemos notar que los suelos a lo largo de la vía de estudio no son expansivos y no existe la presencia de nivel freático.

A lo largo de la vía de estudio el proyecto atraviesa diferentes usos de suelo empezando por una zona en donde se cultiva caña de azúcar artesanal luego continúa atravesando un bosque húmedo, vegetación herbácea húmeda, vegetación arbustiva húmeda, bosque húmedo pasto cultivado y en la parte final de la vida en una zona de vegetación arbustiva húmeda

Gráfico 50 Uso De Suelos a lo largo de la vía “Mulligua – San Juan Siles”

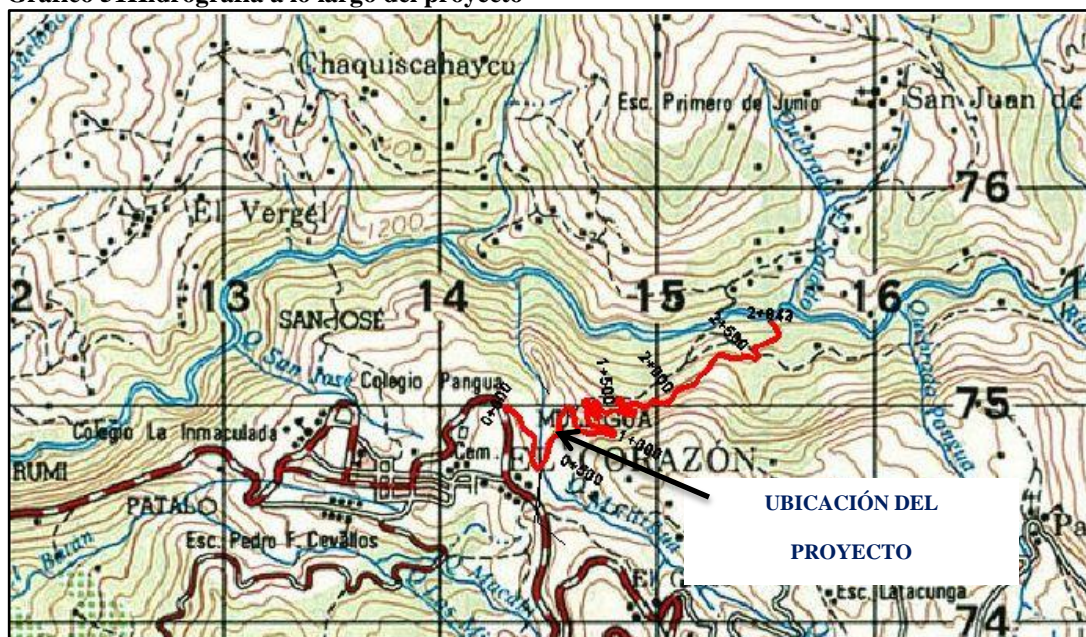


Fuente: MAGAP Ministerio De Agricultura Y Ganadería, 2019

6.2.3 Hidrografía

Para la caracterización hidrográfica en el área de influencia de la vía se muestra que en el kilómetro 0+380 de la vía “Mulligua – San Juan Siles” cruza la quebrada Mulligua siendo el único cruce natural en el proyecto.

Gráfico 51 Hidrografía a lo largo del proyecto



Fuente: Carta Básica Nacional del IGM

6.2.4 Información Hidrometeorológica

Para encontrar la escorrentía existente y producida en el área de estudio que proviene exclusivamente de las precipitaciones pluviales caídas en la zona. Principalmente para el análisis de las características pluviométricas de la región afectada por el proyecto vial lo constituyó la recopilación de antecedentes básicos e información recolectada en el instituto nacional de meteorología e hidrología INAMHI.

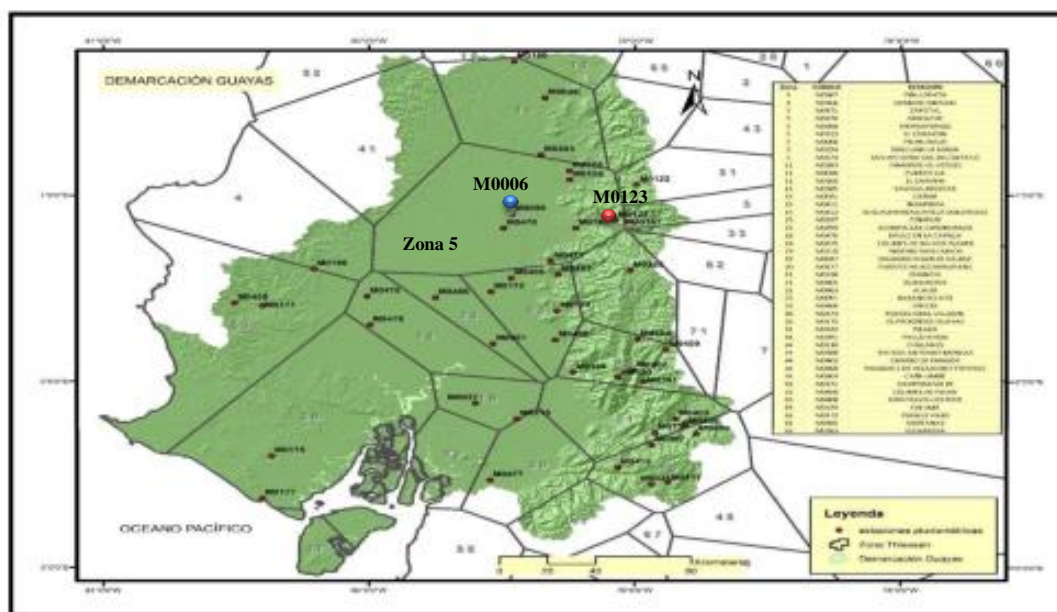
La estación meteorológica El Corazón MO123 tipo climatológica ordinaria (CO) ubicada en la zona 5 de la red de estaciones monitoreada por el INAMHI, es la más cercana al área de influencia del proyecto, cuyos registros históricos de datos de temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento, evaporación, evapotranspiración potencial, precipitación ayudarán a dar una caracterización climatológica al proyecto.

Se determinarán las intensidades de precipitación y se relacionarán con su frecuencia y duración. Aunque la información hidrológica disponible no es suficiente, el

INAMHI publica, periódicamente, análisis estadísticos de intensidades que permite calcular, por medio de las ecuaciones pluviométricas, la relación intensidad-frecuencia-duración, para cada una de las denominadas “zonas de intensidades” en que está dividido el país. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003)

El proyecto se encuentra en la demarcación del Guayas y se tomará la estación Pichilingue M0006 tipo agro meteorológica (AP) ubicada en la zona 5 de la red de estaciones monitoreada por el INAMHI por ser la estación representativa de la misma la cual usaremos para el cálculo de intensidades máximas de precipitación además cuenta con información de heliofanía efectiva para completar la caracterización climatológica al proyecto.

Gráfico 52 Zonificación De Las Intensidades De La Demarcación Del Guayas



Fuente: Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología, INAMHI 2015

La siguiente tabla contiene las estaciones que el actual proyecto vial necesitará para el diseño de drenaje y caracterización climática de la cuenca. Estas dos estaciones fueron seleccionadas por la cercanía al área de influencia del proyecto y la información necesaria con la que cuenta cada una.

Tabla 90 Estaciones Meteorológicas Seleccionadas

Código	Estación	Parámetros	Años	Latitud	Longitud	Elevación m s n m	Tipo	Institución
M-0006	Pichilingue	Heliofanía efectiva mensual	1998 - 2013	01° 06' 00" N	79 27'42" W	120	AP	INHAMI
M-0123	El Corazón	Precipitación	1964 - 2014	01° 08' 02" N	79° 04' 32" W	1471	CO	INHAMI
		Temperatura del aire	1965 - 2014					
		Humedad Relativa	1990 -2013					
		Velocidad media del viento	1990 - 2013					

Fuente: Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología, INAMHI 2015

6.3 Caracterización climática

En la actualidad la caracterización climática es una herramienta muy utilizada para la planificación del uso de la tierra y el ordenamiento territorial de cuencas, además permite analizar la respuesta que una cuenca hidrográfica puede presentar a diferentes alternativas de manejo. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pangua, 2018)

6.3.1 Parámetros Climatológicos

El principal agente causante de los cambios atmosféricos, y, por ende, del clima, es el agua en sus diferentes fases, de ahí que la hidrología esté enlazada troncalmente con la meteorología y la climatología. (GUTIÉRREZ Carlos, 2014). Las condiciones climáticas propias de una región analiza el clima y sus variaciones a lo largo de un lapso amplió de tiempo.

ANEXO N°10: Datos mensuales de estaciones meteorológicas.

6.3.1.1 Temperatura Del Aire

Es un valor numérico que indica el estado de valor del aire, expresado en grados centígrados (°C). (GUTIÉRREZ Carlos, 2014). Se analizó los datos de la estación El Corazón M0123 desde año de 1965 hasta el año 2014 de temperatura del aire encontrando que el mes de enero tiene la más baja temperatura mientras que el mes

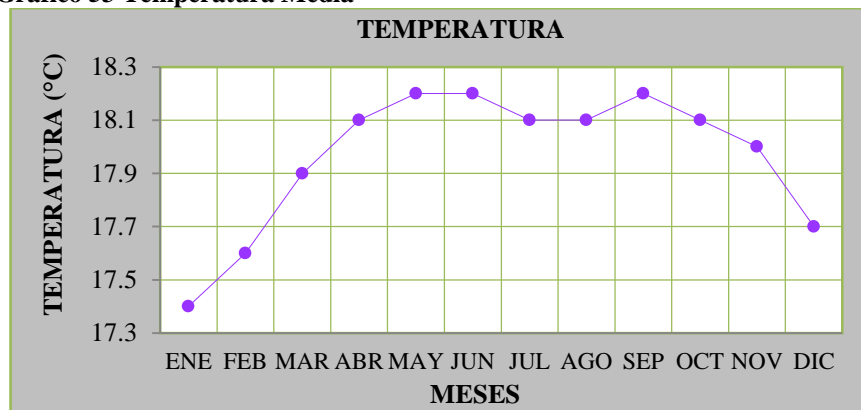
de mayo, junio y septiembre tiene la mayor y se encuentra como resultado el valor medio de 24.5 por lo cual se muestran los resultados en la siguiente tabla y gráfica:

Tabla 91 Temperatura medias mensuales (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
MED	17.4	17.6	17.9	18.1	18.2	18.2	18.1	18.1	18.2	18.1	18.0	17.7	18.1
MÁX	19.7	19.9	19.9	20.1	19.7	19.2	19.3	19.2	19.2	19.0	19.0	19.4	20.1
MÍN	16.6	16.8	17.3	17.7	17.8	17.8	17.4	17.5	17.7	17.5	17.4	16.8	16.6

Fuente: Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología, INAMHI 2015

Gráfico 53 Temperatura Media



Fuente: Paola Cepeda, 2019

6.3.1.2 Humedad Relativa

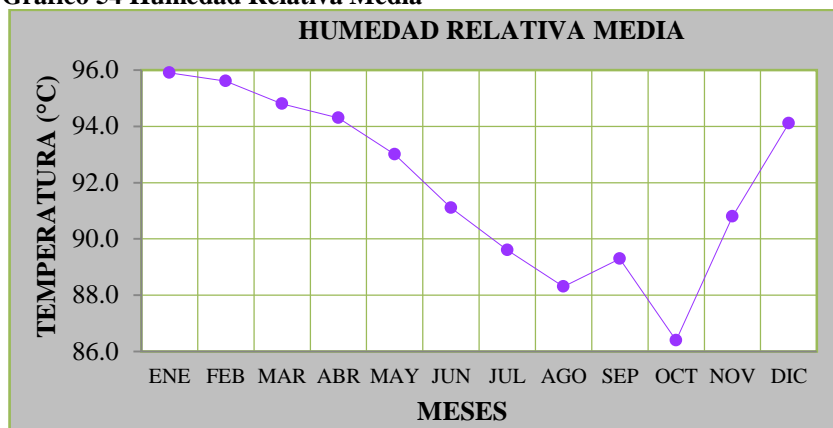
La humedad es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire; esta cantidad no es constante, sino que depende diversos factores, lluvias recientes, presencia de vegetación, etc. El grado de humedad del aire se mide con un instrumento llamado higrómetro y se expresa en porcentaje (%). (GUTIÉRREZ Carlos, 2014). Se analizó los datos de la estación El Corazón M0123 desde año de 1990 hasta el año 2013 de humedad relativa encontrando que el mes de octubre tiene la más bajo porcentaje de humedad relativa mientras que el mes de enero tiene el mayor porcentaje y se encuentra como resultado el valor medio de 91.9% por lo cual se muestran los resultados en la siguiente tabla y gráfica:

Tabla 92 Humedad Relativa Mensual (%)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
MED	95.9	95.6	94.8	94.3	93.0	91.1	89.6	88.3	89.3	86.4	90.8	94.1	91.9
MÁX	98.0	98.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	98.0	98.0
MÍN	92.0	93.0	91.0	90.0	84.0	81.0	78.0	78.0	80.0	9.0	82.0	91.0	9.0

Fuente: Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología, INAMHI 2015

Gráfico 54 Humedad Relativa Media



Fuente: Paola Cepeda, 2019

6.3.1.3 Heliofanía Efectiva

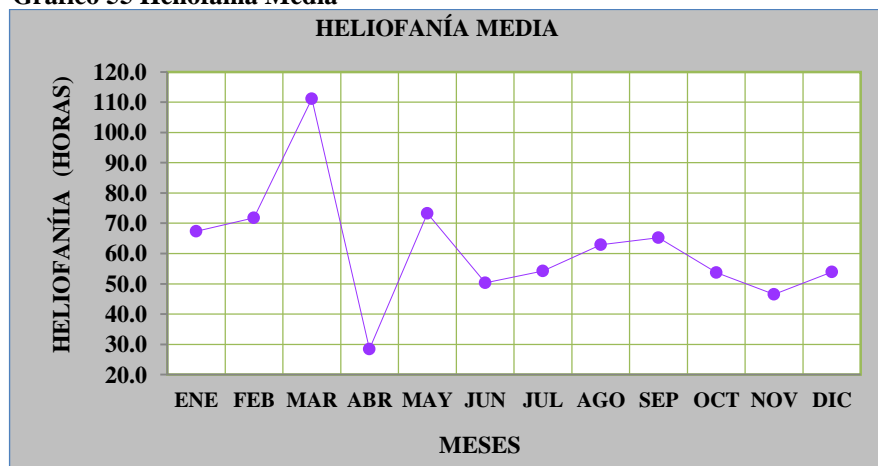
Es el número de horas y décima durante las cuales el sol brilla en un lugar, se mide mediante el heliofanógrafo. Se analizó los datos de la estación Pichilingue M0006 desde año de 1998 hasta el año 2013 de heliofanía efectiva encontrando que el mes de abril tiene el valor más bajo de horas brillo sol mientras que el mes de marzo tiene el mayor número de horas y se encuentra como resultado el valor medio de 821.7 horas por lo cual se muestran los resultados en la siguiente tabla y gráfica:

Tabla 93 Heliofanía

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
MED	67.4	71.8	111.1	28.4	73.3	50.3	54.2	62.9	65.2	53.7	46.5	53.9	821.7
MÁX	136.1	104.80	148.7	145.5	123.4	97.6	84.3	95.7	90.1	89.3	67.2	85.4	1052.70
MÍN	22.6	33.8	67.8	84.5	41.5	22.7	33.8	38.9	30.3	29.0	25.6	30.5	670.8

Fuente: Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología, INAMHI 2015

Gráfico 55 Heliofanía Media



Fuente: Paola Cepeda, 2019

6.3.1.4 Velocidad Del Viento

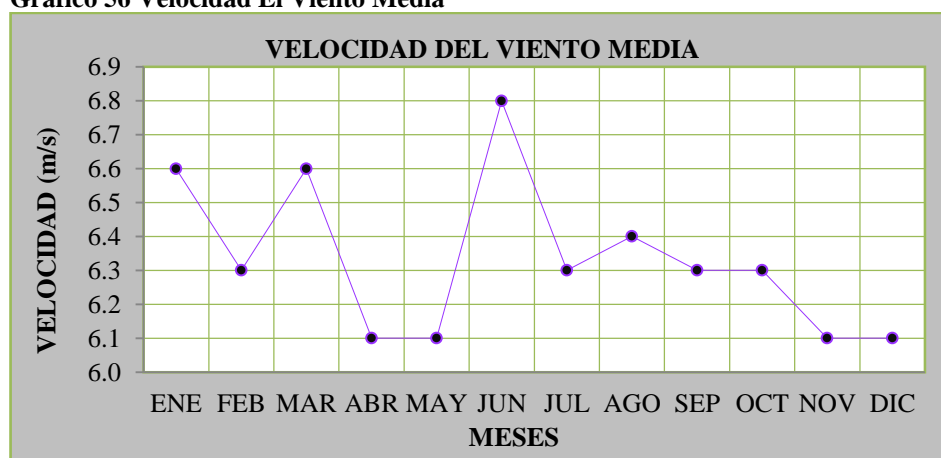
Se entiende por viento al movimiento del aire en sentido horizontal, pero al ser una magnitud vectorial se exige en su medición la determinación de su intensidad o velocidad. Se analizó los datos de la estación El Corazón M0123 desde año de 1990 hasta el año 2013 de velocidad del viento encontrando que el mes de abril y mayo tiene el valor más bajo mientras que el mes de junio tiene el mayor valor y se encuentra como resultado el valor medio de 6.4 m/s por lo cual se muestran los resultados en la siguiente tabla y gráfica:

Tabla 94 Velocidad Del Viento

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
MED	6.6	6.3	6.6	6.1	6.1	6.8	6.3	6.4	6.3	6.3	6.1	6.1	6.4
MÁX	10.0	8.0	8.0	8.0	7.0	10.0	8.0	8.0	10.0	8.0	8.0	7.0	10.0
MÍN	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	4.0	6.0	4.0	5.0	6.0	5.0	4.0

Fuente: Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología, INAMHI 2015

Gráfico 56 Velocidad El Viento Media



Fuente: Paola Cepeda, 2019

6.3.1.5 Evaporación (E)

La evaporación ocurrida en un lugar se expresa en milímetros lineales. Un milímetro de evaporación en la disminución de 1mm de altura de agua que ha escapado al aire una superficie de 1m². Se analizó los datos de la estación El Corazón M0123 desde año de 2001 hasta el año 2013 de evaporación encontrando que el mes de febrero tiene el valor más bajo mientras que el mes de julio tiene el mayor valor y se

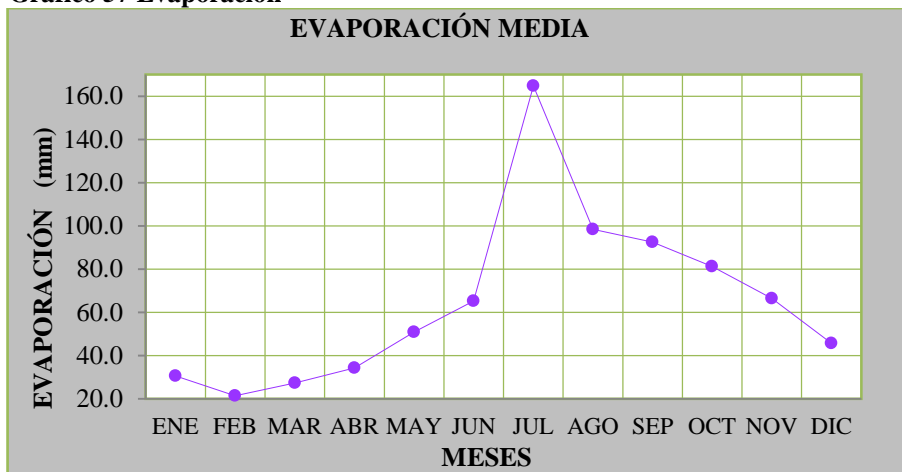
encuentra como resultado el valor medio de 704.74 mm por lo cual se muestran los resultados en la siguiente tabla y gráfica:

Tabla 95 Evaporación

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
MED	30.5	21.4	27.3	34.3	50.8	65.2	164.8	98.4	92.5	81.2	66.4	45.7	704.47
MÁX	58.0	54.6	57.0	60.8	71.3	89.90	923.0	115.6	104.7	102.7	83.0	57.8	1662.70
MÍN	15.8	7.4	14.9	12.7	13.5	405	57.9	68.9	67.2	57.4	53.1	29.5	90.6

Fuente: Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología, INAMHI 2015

Gráfico 57 Evaporación



Fuente: Paola Cepeda, 2019

6.3.1.6 Evapotranspiración Potencial (ETP)

Es la cantidad de agua que si estuviera disponible sería evapotranspirada desde una superficie dada. Se estima en mm. (GUTIÉRREZ Carlos, 2014).

Para calcular este parámetro se utilizó la fórmula de J. García Benavides y J. López Díaz, que es una ecuación utilizada para las condiciones geográficas de nuestro país (trópicos entre 15° N y 15° S) (VEN TE CHOW .. H., 1994)

$$ETP = [1,21 \times 10^{\frac{7,45t}{234,7+t}} (1 - 0,01HR) + 0,21t - 2,30] \times D \quad \text{Ec. 38}$$

Dónde:

D = número de días del mes

T = temperatura media mensual, en °C

HR = humedad relativa media mensual, en %

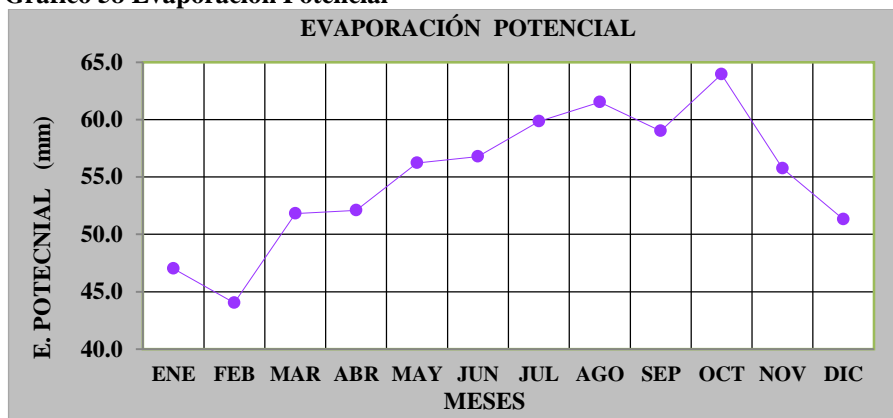
Tabla 96 Evapotranspiración Potencial

PARÁMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	M.
HUMEDAD RELATIVA	95.9	95.6	94.8	94.3	93	91.1	89.6	88.3	89.3	86.4	90.8	94.1	91.93
TEMPERATURA MEDIA	17.4	17.6	17.9	18.1	18.2	18.2	18.1	18.1	18.2	18.1	18	17.7	17.97
NUMERO DE DIAS	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	30.42
ETP GARCIA-LOPEZ	47.0	44.0	51.8	52.1	56.2	56.8	59.9	61.5	59.0	64.0	55.7	51.3	54.9
TOTAL= 659.3 mm													

Fuente: Paola Cepeda, 2019

El valor total anual de evapotranspiración potencial después de aplicar la fórmula de J. García Benavides y J. López es de 1228.00 mm.

Gráfico 58 Evaporación Potencial



Fuente: Paola Cepeda, 2019

6.3.1.7 Precipitación

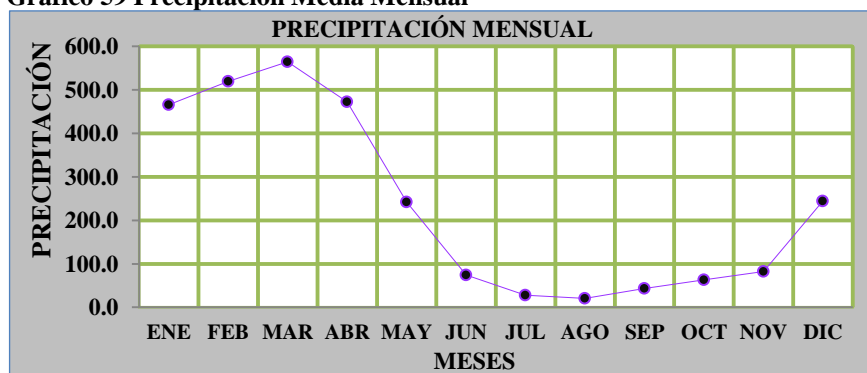
Es el agua de procedencia atmosférica que cae sobre la superficie terrestre, ya sea en forma líquida (llovizna, lluvias o chubascos) o en forma sólida (nieve o granizo). La precipitación se mide por la altura en mm que alcanzaría su equivalente en agua en una superficie plana y horizontal donde no existan pérdidas ni por evaporación ni por infiltración. (GUTIÉRREZ Carlos, 2014).

Se analizó los datos de la estación El Corazón M0123 desde año de 1964 hasta el año 2014 de precipitación encontrando que el mes de julio tiene el valor más bajo con 20.3 mm mientras que el mes de marzo tiene el mayor valor con 564.6 mm y se encuentra como resultado el valor medio de 2090.50 mm por lo cual se muestran los resultados de en la siguiente tabla y gráfica:

Tabla 97 Precipitación

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
MED	465.5	519.2	564.6	472.7	242.1	74.1	27.7	20.3	43.5	63.3	82.7	244.0	2776.55
MÁX	2892.2	3449.4	2613.5	1818.3	1281.2	354.9	121.8	121.8	285.4	501.4	743.6	2041.0	12195.5
MÍN	126.8	168.7	191.3	94.6	15.2	1.5	0.0	0.0	0.0	8.7	7.8	41.1	990.9

Fuente: Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología, INAMHI 2015

Gráfico 59 Precipitación Media Mensual

Fuente: Paola Cepeda, 2019

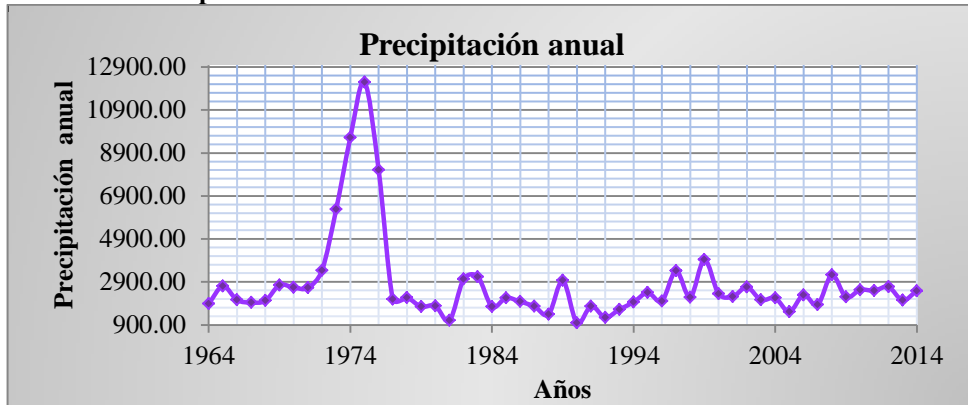
La precipitación media anual es de 2776.55mm demuestra que el área de influencia del proyecto se encuentra en un sector lluvioso además al analizar los datos de la estación meteorológica El Corazón M0123 podemos encontrar que el año con más precipitación anual es en 1975 con 12195.50mm además se determinó que el año en el que existió menos precipitación es en 1990 con 990.90mm acumulados durante todo el año, a continuación se muestra una tabla de resumen con la precipitación durante cada año y una gráfica que representa la variación de la precipitación anual durante el periodo de estudio.

Tabla 98 Precipitación Anual

1964	1887.60	1974	9624.70	1984	1751.20	1994	1960.60	2004	2147.70
1965	2700.70	1975	12195.50	1985	2153.60	1995	2399.80	2005	1511.10
1966	2061.20	1976	8110.70	1986	1982.30	1996	2009.20	2006	2291.50
1967	1939.30	1977	2095.00	1987	1760.40	1997	3415.40	2007	1833.20
1968	2026.20	1978	2167.70	1988	1392.50	1998	2183.00	2008	3222.50
1969	2753.60	1979	1749.00	1989	2965.70	1999	3934.80	2009	2193.70
1970	2638.80	1980	1787.10	1990	990.90	2000	2351.30	2010	2531.70
1971	2625.40	1981	1103.20	1991	1769.60	2001	2218.30	2011	2494.70
1972	3439.40	1982	3024.60	1992	1250.90	2002	2653.50	2012	2667.10
1973	6278.40	1983	3142.50	1993	1619.10	2003	2064.10	2013	2046.80
Precipitación Media Anual = 2776.55 mm								2014	2487.30

Fuente: Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología, INAMHI 2015

Gráfico 60 Precipitación Anual



Fuente: Paola Cepeda, 2019

6.3.2 Balance Hidrológico

El conocimiento de la distribución, movimiento, cantidad, permanencia, variación y transporte del agua en los distintos lugares donde pueden concentrarse, sirve para el conocimiento de su balance, ya que éste debe estar basado en el proceso global que gobierna el ciclo hidrológico. (GUTIÉRREZ Carlos, 2014)

Para realizar el cálculo del balance hidrológico se debe tomar en cuenta dos elementos climáticos antes mencionados que son la precipitación y la evapotranspiración.

La precipitación, que constituye la fase de transferencia del agua de la atmósfera al suelo, abasteciendo de humedad al mismo; y, la otra fase opuesta que constituye el proceso conocido como evapotranspiración, que viene a ser el retorno del agua a la atmósfera como resultado de la evaporación y de la transpiración vegetal. (VEN TE CHOW .. H., 1994)

Estas dos magnitudes son similares en su evaluación de cantidad de agua por unidad de superficie, por lo cual ambas utilizan la unidad de milímetro lo que da como resultado dos magnitudes físicamente homogéneas, se las puede comparar calculando, su diferencia es decir precipitación menos evaporación potencial.

Al comparar las precipitaciones P y la evapotranspiración potencial ETP , lo cual permite distinguir situaciones diferentes en función de umbrales que son

directamente significativos para un lugar o un período dado por ejemplo Si $P < Etp$, la evaporación real será igual a P; habrá deducción sobre las reservas, ausencia de escurrimiento; mientras que Si $P > ETP$, la evaporación real será igual al Etp, habrá escurrimiento y constitución de reservas. (VEN TE CHOW .. H., 1994)

La siguiente tabla muestra el resultado de la diferencia entre la precipitación y la evaporación potencial demostrando que los valores negativos dan un déficit de agua en el área de estudio durante los meses de julio, agosto, septiembre y octubre; en resto del año la precipitación supera la evaporación potencial dando al proyecto escurrimiento superficial en la mayor parte del año.

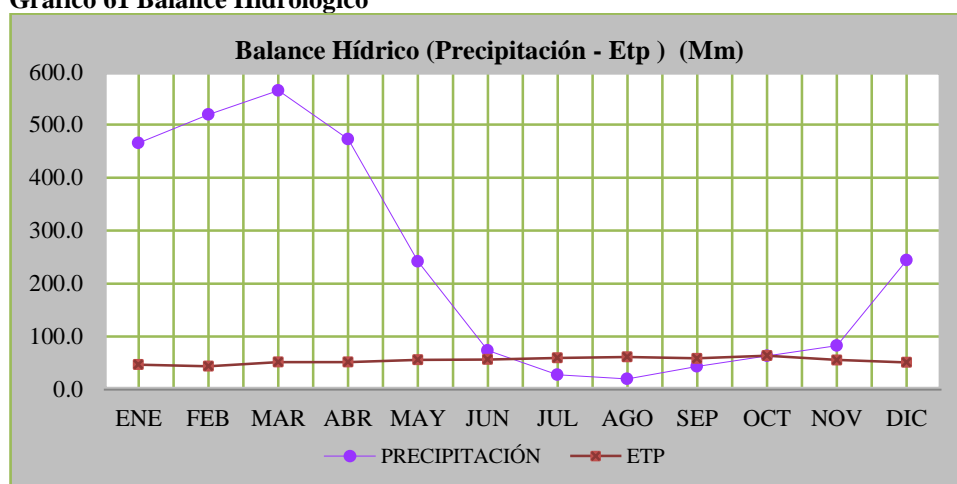
Tabla 99 Balance Hidrológico

PARÁMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
PRECIPITACIÓN	465.5	519.2	564.6	472.7	242.1	74.1	27.7	20.3	43.5	63.3	82.7	244.0	235.0
ETP	47.0	44.0	51.8	52.1	56.2	56.8	59.9	61.5	59.0	64.0	55.7	51.3	54.9
BALANCE HÍDRICO	418.5	475.2	512.8	420.6	185.9	17.4	-32.2	-41.2	-15.5	-0.6	27.0	192.7	180.0

Fuente: Paola Cepeda, 2019

El siguiente gráfico compara los dos parámetros antes mencionados.

Gráfico 61 Balance Hidrológico



Fuente: Paola Cepeda, 2019

6.4 Inventario de estructuras de drenaje existentes.

Al ser una vía en que se encuentra actualmente en operación y que recibirá una intervención integral para su mejoramiento, es fundamental conocer el actual funcionamiento hidráulico, estado estructural y de mantenimiento de las obras de

arte menor existentes, con la finalidad de indicar cuáles de ellas se mantendrán sin modificaciones, cuáles serán clausuradas o removidas y ampliadas o reparadas.

6.4.1 Inventario de estructuras de drenaje longitudinales

A través del levantamiento topográfico y la inspección que se realizó en campo se determina que en la vía “Mulligua – San Juan Siles” en los 2840 metros que constituyen el proyecto no existe ningún tipo de estructura de drenaje longitudinal ni muros de contención para evaluar.

6.4.2 Inventario de estructuras de drenaje transversales

A lo largo del proyecto existen algunas estructuras de drenaje transversales y se detallarán en la siguiente tabla.

Tabla 100 Inventario De Estructuras De Drenaje Transversal

Sección Transversal						
#	Abscisa	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material	Estado	Observación
1	0+220	6	1000	METAL	Regular	Falta De Mantenimiento
2	0+380	7	2000	METAL	Bueno	Falta De Mantenimiento
3	0+575	5	1000	METAL	Regular	Falta De Mantenimiento
4	1+930	5	1200	METAL	Malo	Falta De Mantenimiento
5	2+070	5	1000	H.S	Bueno	Falta De Mantenimiento
6	2+585	6	1000	H.S	Bueno	Falta De Mantenimiento
7	2+750	5	1000	H.S	Malo	Falta De Mantenimiento

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Durante la inspección en campo se pudo demostrar que las estructuras de drenaje transversales se encuentran en su mayoría sin ningún tipo de mantenimiento, con presencia de vegetación, en algunos casos se encuentran en mal estado físico y además menor diámetro que el mínimo recomendado; a continuación se muestra en la ilustración el estado de las alcantarillas:

Gráfico 62Alcantarillas Existentes



Fuente: Paola Cepeda, 2019

6.5 Parámetros de diseño

6.5.1 Determinación Del Tiempo De Concentración

Se atribuye muy comúnmente el tiempo de concentración al tiempo que tarda una partícula de agua caída en el punto de la cuenca más alejado (según el recorrido de drenaje) del desagüe en llegar a una sección determinada de dicha corriente, se mide en minutos u horas. (GUTIÉRREZ Carlos, 2014)

Para proyectos viales de todas formulas empíricas que existen para definir el tiempo de concentración la más utilizada y recomendada es la fórmula de KIRPICH, arrojando resultados satisfactorios.

$$T_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0.385} \quad \text{Ec. 39}$$

Dónde:

T_c = tiempo de concentración, (minutos)

L = longitud del cauce principal, (metros)

ΔH = desnivel crítico del cauce principal, (metros)

Se asumió un tiempo de concentración de 12 min, para áreas de aportación como taludes, cuneta y calzada con el fin de tener en cuenta el tiempo inicial que tarda el agua en concentrarse en una micro cuenca y no sobreestimarlos ya que resultó con valores calculados menores a este tiempo de concentración.

Además el tiempo de concentración fue calculado para el cauce que atraviesa la vía dando un tiempo de concentración de 18.483 min.

Tabla 101 Tiempo de Concentración de la Cuenca

Tiempo de Concentración	Longitud del río (L)	Cota mayor	Cota menor	Tc
$tc = 0.0195 \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0.385}$	m	m.s.n.m.	m.s.n.m.	Min
	3322.19	2240	1560	18.483

Fuente: Paola Cepeda, 2019

6.5.2 Determinación de la intensidad de lluvia (curvas IDF)

La precipitación varía con el tiempo para una misma tormenta, y la duración (tiempo total durante el cual cae la lluvia) varía de una tormenta a otra. Debido a esto el análisis de la lluvia puntual debe incluir tanto en la altura de precipitación como duración y las frecuencias o periodos de retorno apropiados para la obra y el sitio. (GUTIÉRREZ Carlos, 2014)

Se utilizó para el cálculo de las curvas IDF como dato básico el correspondiente a las intensidades máximas en 24 horas para un periodo de retorno de 25 y 50 años, valor necesario en las ecuaciones pluviométricas establecidas por el INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA en la ACTUALIZACIÓN DEL ESTUDIO DE LLUVIAS INTENSAS, en el año 2015, para la estación analizada.

ANEXO N°11: Zonificación de intensidades de la demarcación del Guayas y mapas de intensidades máximas en 24 horas con un periodo de retorno de 25 y 50 años.

Las intensidades máximas en 24 horas con periodos de retorno de 25 y 50 años utilizadas para el presente proyecto se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 102 Intensidades Máximas En 24 Horas Para Varios Períodos De Retorno

Tr	Idtr
años	mm/h
25	7.69
50	8.33

Fuente: Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología, INAMHI 2015

El proyecto se encuentra en la zona 5 por lo cual se utilizara la ecuación de la estación de Pichilingue M0006 en la zonificación de intensidades, la cual se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 103 Zonificación De Intensidades

Código	Estación	Duración	Ecuación
M - 0006	PICHILINGUE	5min < 58.69 min	$ITR = 34.728 \text{ Idtr} * Tc^{-0.247}$
		58.69min < 1440 min	$ITR = 295.78 \text{ Idtr} * Tc^{-0.773}$

Fuente: Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología, INAMHI 2015

Dónde:

ITR intensidad de precipitación (mm/hora)

Tc tiempo de concentración (minutos)

Idtr intensidades máximas en 24 horas para diferentes períodos de retorno (mm/hora)

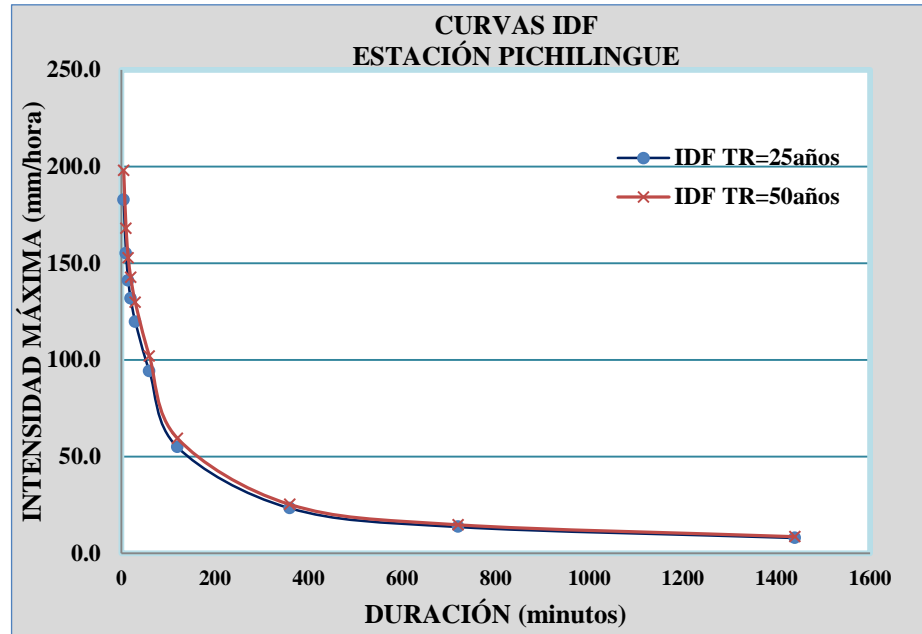
Después de analizar las expresiones, se calculan las intensidades máximas de precipitación, para el período de retorno de 25 y 50 años, con diferentes duraciones o tiempos de concentración, los resultados obtenidos se muestran en la tabla y gráfico a continuación.

Tabla 104 Intensidad-Duración-Frecuencia

Tr (Años)	Intensidad En (Mm/Hora)									
	Duración En Minutos									
	5	10	15	20	30	60	120	360	720	1440
25	182.66	155.10	140.94	131.69	119.68	94.08	54.86	23.34	13.61	7.94
50	197.86	168.01	152.67	142.65	129.64	101.91	59.43	25.28	14.74	8.60

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Gráfico 63 Curvas Idf de la estación PICHILINGUE



Fuente: Paola Cepeda, 2019

6.5.3 Período de retorno

El tiempo promedio, en años en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada T años, se le denomina Período de Retorno T. Si se supone que los eventos anuales son independientes, es posible calcular la probabilidad de falla para una vida útil de n años. (VEN TE CHOW H. A., 1994)

El período de retorno de un evento hidrológico se calcula como la inversa de la probabilidad de excedencia anual y representa el intervalo de tiempo promedio (en sentido probabilístico) dentro del cual ese evento puede ser igualado o excedido. (EMAAP, 2009, p. 69)

Para el cálculo de la intensidad se ha considerado el riesgo admisible para un período de recurrencia o periodo de retorno de 25 años, basándonos en el tipo de ubicación del área de influencia de la obra.

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad \text{Ec. 40}$$

Dónde:

R Riesgo de ocurrencia de fallo de la obra

T	Periodo de diseño (años)
n	vida útil de la estructura a diseñarse

Asociado a un período de retorno (T) de 25 años en el transcurso de una vida útil de (n) de 25 años, el riesgo (R) llega al valor de 63.9%

6.6 Estudio de cuencas hidrográficas

6.6.1 Método Racional

Permite determinar el caudal máximo que escurrirá por una determinada sección, bajo el supuesto que éste acontecerá para una lluvia de intensidad máxima constante y uniforme en la cuenca correspondiente a una duración D igual al tiempo de concentración de la sección. (GUTIÉRREZ Carlos, 2014).

Este método es utilizado para calcular el caudal de diseño de obras de drenaje urbano y rural, en áreas de cuencas hasta 500 hectáreas de acuerdo a la siguiente expresión.

$$Q. \text{ Máx.} = 0.00028 \text{ CIA} \quad \text{Ec. 41}$$

Dónde:

Q_{max} = Caudal máximo en lt/s.

C = Coeficiente de escorrentía.

I = intensidad de lluvia de diseño de igual duración al tiempo de

Concentración y de frecuencia igual a la adoptada en mm/h.

A= área de la cuenca en m².

6.6.2 Determinación Del Coeficiente De Escorrentía C

Para realizar el respectivo cálculo de los diferentes caudales utilizamos diferentes coeficientes de escorrentía ya que tenemos tres tipos de superficies y según la tabla de la MTOP adoptamos los siguientes valores. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003)

- Coeficiente de escorrentía de TALUD: 0,45
- Coeficiente de escorrentía de CALZADA: 0,70
- Coeficiente de escorrentía de CUNETAS: 0,70
- Coeficiente de escorrentía de CUENCA: 0.20

ANEXO N°12: Tabla de coeficientes de escorrentía “C” establecidos por TOP

6.6.3 Determinación de caudales

Para determinar el valor del caudal máximo indispensable en el dimensionamiento de las obras de drenaje, se procedió a el cálculo mediante el Método Racional.

El cálculo del caudal máximo de la única cuenca de aportación para el cauce que cruza la vía en el kilómetro 0+382.463, se utilizó un coeficiente de escorrentía de 0.20, el tiempo de concentración en la cuenca es 18.483 minutos.

En la siguiente tabla se muestra el cálculo de la intensidad para la cuenca:

Tabla 105 Intensidad De La Cuenca

Estación	M0006	PICHILINGUE
Idtr	7.69	mm/h
TR	25	años
tc	18.483	min
ITR	129.93	mm/h
$I_{TR} = 34.728 * Id_{TR} * t^{-0.247}$		

Fuente: Paola Cepeda, 2019

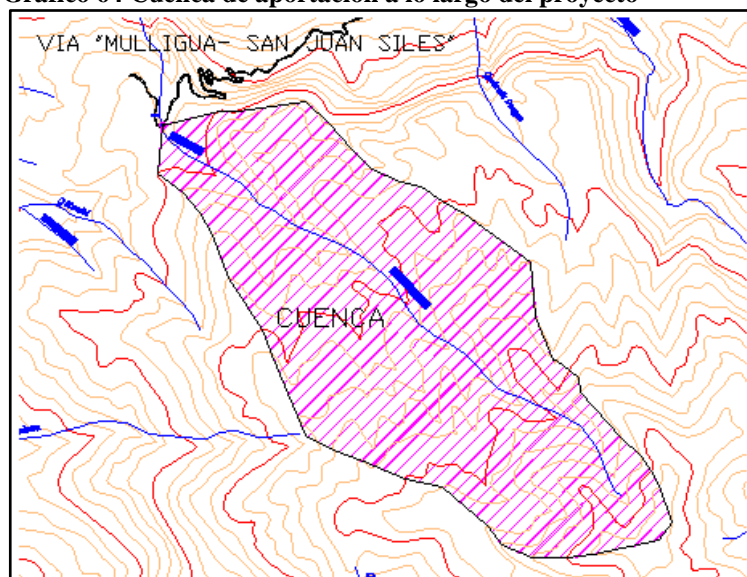
En el siguiente gráfico se muestra la cuenca de aportación de la quebrada de Mulligua que cruza la vía “Mulligua – San Juan Siles” la cual influye en dimensionamiento hidráulico. El caudal máximo en la cuenca calculado del estudio se lo realizó por el método racional que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 106 Caudal Máximo

Ubicación	Área De La Cuenca	Caudal De La Cuenca	Caudal De La Cuenca
	m ²	[lt/s]	m ³ /s
0+382.463	3348023.12	24360.701	24.36

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Gráfico 64 Cuenca de aportación a lo largo del proyecto



Fuente: Paola Cepeda, 2019

El caudal máximo de escorrentía en la vía y áreas de aportación será calculado para el dimensionamiento de cunetas y alcantarillas, en la siguiente tabla se muestra los coeficientes de escorrentía:

Tabla 107 Coeficiente De Escorrentía Para La Vía

Coeficiente de Escorrentía Calzada	0.70
Coeficiente de Escorrentía Ladera	0.45
Coeficiente de Escorrentía cuneta	0.70

Fuente: Paola Cepeda, 2019

La intensidad se calcula con la ecuación de la estación meteorológica antes mencionada y se detalla en la siguiente tabla:

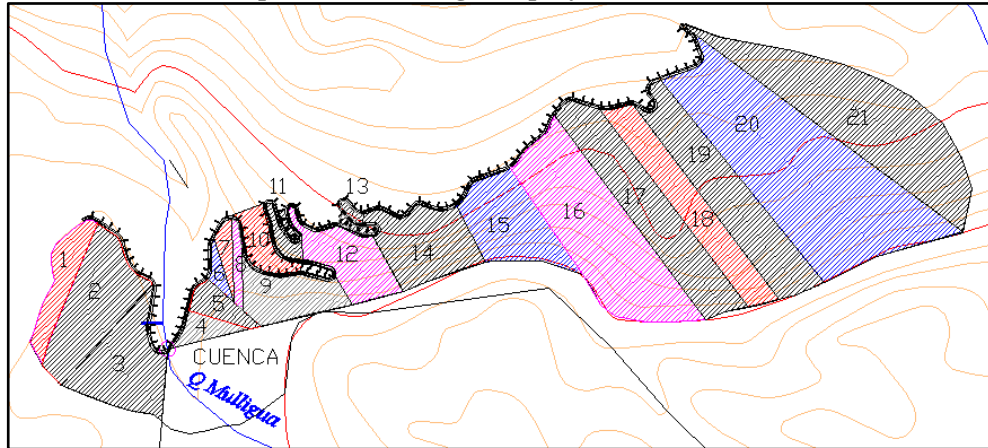
Tabla 108 Intensidad de las áreas de aportación

Estación	M0006	PICHILINGUE
Idtr	7.69	mm/h
TR	25	años
tc	12	min
ITR	144.56	mm/h
$I_{TR} = 34.728 * Id_{TR} * t^{-0.247}$		

Fuente: Paola Cepeda, 2019

A continuación se muestra las áreas de aportación de los taludes para que el dimensionamiento se produzca bajo condiciones aceptables de funcionamiento hidráulico.

Gráfico 65 Áreas De Aportación a lo largo del proyecto



Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 109 Áreas de cada talud de aportación

# de talud	Área talud (m2)	# de talud	Área talud (m2)
1	13299.34	11	3754.46
2	32581.45	12	19940.19
3	28659.94	13	1926.44
4	5282.37	14	27086.03
5	6744.97	15	28193.903
6	2581.51	16	66419.53
7	3265.33	17	44667.35
8	3371.02	18	30422.22
9	3265.33	19	43575.66
10	26458.07	20	113360.82
		21	74547.84

Fuente: Paola Cepeda, 2019

En la siguiente tabla se resume el cálculo del caudal parcial para cada tramo de vía para que sea posible captar, conducir y evacuar adecuadamente la esorrentía superficial producto de la precipitación pluvial.

Tabla 110 Caudales Máximos

Caudal	Absc. Inicio	Absc. Fin	Pend	Área De Talud	Long. Tramo	Área Carril Derecho	Área De Cuneta Derecha	Caudal De La Calzada	Caudal De Cuneta	Caudal De Talud	Caudal Parcial	Caudal Parcial
PIV	m	m	%	[m2]	[m]	[m2]	[m2]	[lt/s]	[lt/s]	[lt/s]	[lt/s]	[m3/s]
PIV 0 - 1	0+000.000	0+036.962	7.52	13299.34	36.962	110.886	22.1772	3.142	0.628	242.24174	246.01	0.2460
PIV 1 - 2	0+036.962	0+218.002	5.66	32581.45	181.04	543.12	108.624	15.389	3.078	593.45706	611.92	0.6119
PIV 2 - 3	0+218.002	0+382.463	4.74	28659.940	164.46	493.383	98.6766	13.979	2.796	522.02844	538.80	0.5388
PIV 3 - 4	0+382.463	0+478.615	2.20	5282.370	96.15	288.456	57.6912	8.173	1.635	96.216091	106.02	0.1060
PIV 4 - 5	0+478.615	0+557.877	10.67	6744.970	79.26	237.786	47.5572	6.737	1.347	122.85672	130.94	0.1309
PIV 5 - 6	0+557.877	0+648.677	0.96	2581.510	90.80	272.4	54.48	7.718	1.544	47.021091	56.28	0.0563
PIV 6 - 7	0+648.677	0+706.444	9.29	3265.330	57.77	173.301	34.6602	4.910	0.982	59.476577	65.37	0.0654
PIV 7 - 8	0+706.444	0+781.933	5.08	3371.020	75.49	226.467	45.2934	6.417	1.283	61.401675	69.10	0.0691
PIV 8 - 9	0+781.933	1+082.218	12.28	3265.330	300.29	900.855	180.171	25.525	5.105	59.476577	90.11	0.0901
PIV 9 - 10	1+082.218	1+267.386	14.27	26458.070	185.17	555.504	111.1008	15.740	3.148	481.92233	500.81	0.5008
PIV 10 - 11	1+267.386	1+468.967	14.80	3754.460	201.58	604.743	120.9486	17.135	3.427	68.385869	88.95	0.0889
PIV 11 - 12	1+468.967	1+653.829	13.75	19940.190	184.86	554.586	110.9172	15.714	3.143	363.20196	382.06	0.3821
PIV 12 - 13	1+653.829	1+847.860	9.99	1926.440	194.03	582.093	116.4186	16.493	3.299	35.089274	54.88	0.0549
PIV 13 - 14	1+847.860	2+058.360	14.81	27086.030	210.50	631.5	126.3	17.893	3.579	493.36035	514.83	0.5148
PIV 14 - 15	2+058.360	2+202.084	8.11	28193.903	143.72	431.172	86.2344	12.217	2.443	513.53978	528.20	0.5282
PIV 15 - 16	2+202.084	2+346.228	0.81	66419.530	144.14	432.432	86.4864	12.252	2.450	1209.8031	1224.51	1.2245
PIV 16 - 17	2+346.228	2+458.564	14.38	44667.350	112.34	337.008	67.4016	9.549	1.910	813.59651	825.05	0.8251
PIV 17 - 18	2+458.564	2+530.000	4.99	30422.220	71.44	214.308	42.8616	6.072	1.214	554.12761	561.41	0.5614
PIV 18 - 19	2+530.000	2+658.667	14.05	43575.660	128.67	386.001	77.2002	10.937	2.187	793.71185	806.84	0.8068
PIV 19 - 20	2+658.667	2+810.000	2.32	113360.820	151.33	453.999	90.7998	12.864	2.573	2064.8184	2080.25	2.0803
PIV 20 - 21	2+810.000	2+846.533	4.55	74547.840	36.53	109.599	21.9198	3.105	0.621	1357.8567	1361.58	1.3616

Fuente: Paola Cepeda, 2019

6.7 Diseño hidráulico de estructuras de drenaje

6.7.1 Criterios de diseño de obras de drenaje

- En el diseño de cunetas las pendientes longitudinales están dadas por el diseño geométrico vertical de la vía se permite un valor mínimo del 0.50%; en el caso del proyecto actual la mayor pendiente es 14.81% y la menor pendiente 0.81%.
- Las cunetas diseñadas deben cumplir con velocidades máximas de 5m/s a 7.5m/s en hormigón y velocidades mínimas mayores a 0,5m/s.
- El diseño de alcantarillas consiste en determinar el diámetro más económico, hidráulicamente eficiente y que no permita obstrucciones facilitando el paso del caudal de diseño, el mantenimiento, siendo el valor mínimo de diámetro de 1.20m y de preferencia optimizarlos al 80% de su capacidad máxima.
- La alcantarilla se diseñará con obras de entrada, salida y la tubería propiamente dicha.
- Para la localización de la alcantarilla tanto en planta como en perfil se debe tener como información básica el diseño horizontal y vertical de la vía, la topografía y cartografía donde se identifiquen los causes.
- La ubicación de la alcantarilla en planta con respecto al eje de la vía puede ser de preferencia normal o perpendicular, aunque se puede presentar un ángulo de esviaje sobre todo cuando se trata de cauces naturales en los cuales es preferible conservar la alineación de este último para no modificar la sección transversal de flujo ni la sección de las trayectorias y líneas de corriente.
- Las secciones diseñadas de alcantarillas deben cumplir con velocidades máximas a 5m/s y velocidades mínimas mayores a 1m/s.

- Se diseñará las alcantarillas para que funcionen con control de entrada esto evitará posibles condiciones de sugerencia total.
- De acuerdo a las condiciones topográficas y de diseño geométrico vial tanto a la entrada como salida de la alcantarilla se deberá construir estructuras hidráulicas especiales para la disipación de energía.
- En el caso que de la topografía sobre la que se esté diseñando tenga pendientes muy altas y para realizar las descargas se necesiten las estructuras antes mencionadas se deberá considerar las menores descargas posibles obviando el criterio básico de drenaje vial de buscar la descarga más cercana por razones económicas y de facilidades de construcción.

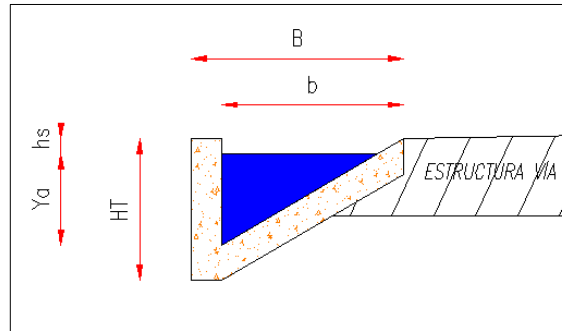
6.7.2 Drenaje longitudinal

Las cunetas tienen como misión fundamental la de recolectar y conducir la escorrentía superficial producto de la precipitación pluvial, la cual procede desde la calzada y taludes de corte adyacentes, adoptándose las dimensiones y características señaladas en las secciones típicas propuestas de la vía para una longitud determinada en dependencia del caudal transportado (PONTIFICA UNIVERSIDAD CATÓLICA., 2013).

Para el diseño de estas estructuras se adoptará las pendientes longitudinales del diseño geométrico de la vía, los caudales se acumularán a través del recorrido por lo cual será necesario realizar descargas continuas con el fin de mantener un buen estado de las cunetas y velocidades permisibles hasta llegar a la descarga.

La sección propuesta en nuestro diseño es la triangular solo con una pendiente, de hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a continuación se muestran las relaciones geométricas para determinación de parámetros hidráulicos en secciones triangulares necesarias para los cálculos correspondientes:

Gráfico 66 Diseño de Cuneta



Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 111 Parámetros hidráulicos en secciones triangulares

Parámetros hidráulicos			
$Q = 0.375 * \left(\frac{Z}{n}\right) * i^{\frac{1}{2}} * Ya^{\frac{8}{3}}$	$Z = \frac{1}{Sx}$	$b = (m1 * y)$	$B = (m1 * HT)$
$HT = y + hs$	$R = \frac{W}{X} \quad (m)$	$P = y + \sqrt{b^2 + y^2}$	$W = \frac{b * y}{2}$

Fuente: Paola Cepeda, 2019

R = radio hidráulico, en m

W = área, en m²

P = perímetro mojado, en m

Q = Caudal, en m³/s

HT = Atura total de la cuneta, en m

B = Ancho de la cuneta, en m

b = Ancho del flujo en cuneta, en m

i = pendiente

n = coeficiente de rugosidad de manning

Z = inversa de la pendiente transversal de la vía

El coeficiente de rugosidad de manning (n) depende del tipo de material que se utilizará en el diseño.

El material de la cuneta es de hormigón cuyo coeficiente esta entre 0.013 – 0.017 y el valor comúnmente utilizado es de 0,014.

Tabla 112 Coeficientes De Rugosidad De Manning

Tipos De Cunetas	Coeficiente de Manning
Cunetas y canales sin revestir	
En tierra ordinaria, superficie uniforme y lisa	0.020 - 0.025
En tierra ordinaria, superficie irregular	0.025 - 0.035
En tierra con ligera vegetación	0.035 - 0.045
En tierra con vegetación espesa	0.040 - 0.050
En tierra excavada mecánicamente	0.028 - 0.033
En roca, superficie uniforme y lisa	0.030 - 0.035
En roca, superficie con aristas e irregularidades	0.035 - 0.045
Cunetas y canales revestidos	
Hormigón	0.013 - 0.017
Hormigón revestido en gunita	0.016 - 0.022
Encachado	0.020 - 0.030
Paredes de hormigón, fondo de grava	0.017 - 0.020
Paredes encachadas, fondo de grava	0.023 - 0.033
Revestimiento bituminoso	0.013 - 0.016

Fuente: Lemos, Drenaje Vial Y Subterráneo, 1999

Según la norma de diseño de carreteras las secciones diseñadas deben cumplir con velocidades máximas menores a 5m/s - 7.5m/s y velocidades mínimas mayores a 0,5m/s.

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * i^{\frac{1}{2}}$$

Ec. 42

V = velocidad, en m/s

i = pendiente

n = coeficiente de rugosidad de manning

R = radio hidráulico, en m

A continuación se muestra todos los cálculos realizados para encontrar la sección óptima.

Tabla 113 Cálculos de cunetas

Cuneta Izquierda	Absc. Inicio	Absc. Fin	Pend	Caudal Parcial	Ya	Ya	b	HT	B	W	X	R	V
PIV	M	m	%	[m3/s]	m	cm	m	m	m	m	m	m	m/s
PIV 0 - 1	0+000.000	0+036.962	7.52	0.2460	0.065	6.453	0.110	0.115	0.196	0.004	0.192	0.019	1.37
PIV 1 - 2	0+036.962	0+218.002	5.66	0.6119	0.096	9.578	0.164	0.146	0.249	0.012	0.286	0.042	2.05
PIV 2 - 3	0+218.002	0+382.463	4.74	0.5388	0.094	9.441	0.161	0.144	0.247	0.012	0.281	0.041	1.86
PIV 3 - 4	0+382.463	0+478.615	2.20	0.1060	0.059	5.926	0.101	0.109	0.187	0.006	0.177	0.031	1.05
Descarga 0+380			7.52	1.5028	0.127	12.719	0.218	0.177	0.303	0.019	0.379	0.051	2.69
PIV 4 - 5	0+478.615	0+557.877	10.67	0.1309	0.048	4.770	0.082	0.098	0.167	0.004	0.142	0.028	2.15
PIV 5 - 6	0+557.877	0+648.677	0.96	0.0563	0.055	5.459	0.093	0.105	0.179	0.005	0.163	0.030	0.68
Descarga 0+572.604			10.67	0.1872	0.055	5.455	0.093	0.105	0.179	0.005	0.163	0.030	2.25
PIV 5 - 6	0+557.877	0+648.677	0.96	0.0563	0.055	5.459	0.093	0.105	0.179	0.005	0.163	0.030	0.68
PIV 6 - 7	0+648.677	0+706.444	9.29	0.0654	0.038	3.773	0.065	0.088	0.150	0.003	0.112	0.025	1.87
PIV 7 - 8	0+706.444	0+781.933	5.08	0.0691	0.043	4.314	0.074	0.093	0.159	0.003	0.129	0.027	1.44
PIV 8 - 9	0+781.933	1+082.218	12.28	0.0901	0.040	4.039	0.069	0.090	0.155	0.003	0.120	0.026	2.19
PIV 9 - 10	1+082.218	1+267.386	14.27	0.5008	0.075	7.470	0.128	0.125	0.213	0.008	0.223	0.036	2.93
PIV 10 - 11	1+267.386	1+468.967	14.80	0.0889	0.039	3.881	0.066	0.089	0.152	0.003	0.116	0.025	2.38
PIV 11 - 12	1+468.967	1+653.829	13.75	0.3821	0.068	6.797	0.116	0.118	0.202	0.007	0.203	0.034	2.77
Descarga 1+500.645			14.80	1.2527	0.105	10.464	0.179	0.155	0.264	0.014	0.312	0.044	3.44
PIV 11 - 12	1+468.967	1+653.829	13.75	0.3821	0.068	6.797	0.116	0.118	0.202	0.007	0.203	0.034	2.77
PIV 12 - 13	1+653.829	1+847.860	9.99	0.0549	0.035	3.486	0.060	0.085	0.145	0.003	0.104	0.024	1.90
PIV 13 - 14	1+847.860	2+058.360	14.81	0.5148	0.075	7.496	0.128	0.125	0.214	0.008	0.223	0.036	2.99
Descarga 1+931.777			14.81	0.9518	0.094	9.438	0.161	0.144	0.247	0.012	0.281	0.041	3.29
PIV 13 - 14	1+847.860	2+058.360	14.81	1.2245	0.104	10.374	0.177	0.154	0.263	0.014	0.309	0.044	3.43
PIV 14 - 15	2+058.360	2+202.084	8.11	0.5282	0.085	8.473	0.145	0.135	0.230	0.010	0.253	0.039	2.33

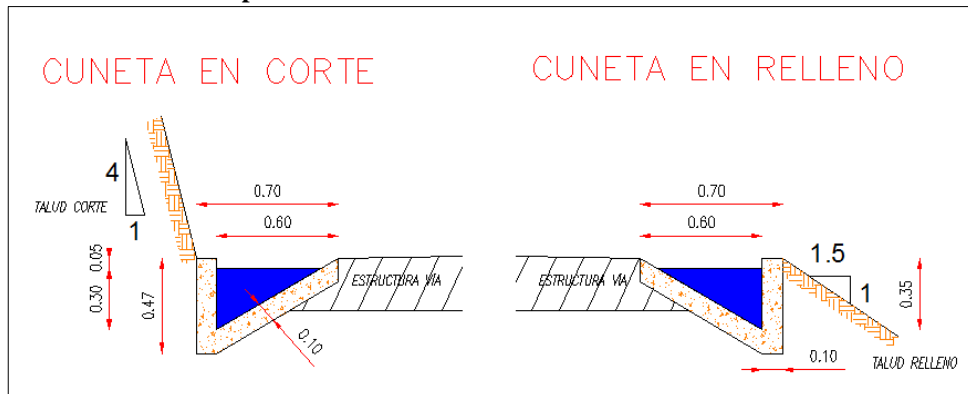
Cuneta Izquierda	Absc. Inicio	Absc. Fin	Pend	Caudal Parcial	Ya	Ya	b	HT	B	W	X	R	V
PIV	M	M	%	[M3/S]	m	cm	m	m	m	m	m	m	m/s
Descarga 2+070.683			14.81	1.7527	0.119	11.867	0.203	0.169	0.288	0.017	0.354	0.048	3.65
PIV 14 - 15	2+058.360	2+202.084	8.11	0.8251	0.100	10.015	0.171	0.150	0.257	0.013	0.299	0.043	2.50
PIV 15 - 16	2+202.084	2+346.228	0.81	1.2245	0.179	17.888	0.306	0.229	0.391	0.035	0.533	0.066	1.05
Descarga 2+202.084			14.81	2.0496	0.126	12.584	0.215	0.176	0.301	0.019	0.375	0.050	3.75
PIV 16 - 17	2+346.228	2+458.564	14.38	0.8251	0.090	8.995	0.154	0.140	0.239	0.011	0.268	0.040	3.18
PIV 17 - 18	2+458.564	2+530.000	4.99	0.5614	0.095	9.495	0.162	0.145	0.248	0.012	0.283	0.042	1.91
PIV 18 - 19	2+530.000	2+658.667	14.05	0.8068	0.090	8.959	0.153	0.140	0.239	0.011	0.267	0.040	3.13
Descarga 2+584.775			14.38	2.1933	0.130	12.979	0.222	0.180	0.307	0.020	0.387	0.052	3.75
PIV 18 - 19	2+658.667	2+658.667	14.05	1.3616	0.109	10.902	0.186	0.159	0.272	0.015	0.325	0.046	3.42
PIV 19 - 20	2+658.667	2+810.000	2.32	2.0803	0.179	17.914	0.306	0.229	0.392	0.035	0.534	0.066	1.77
PIV 20 - 21	2+810.000	2+846.533	4.55	1.3616	0.135	13.468	0.230	0.185	0.316	0.021	0.401	0.053	2.15
Descarga 2+808.818			14.05	4.8034	0.175	17.491	0.299	0.225	0.385	0.034	0.521	0.065	4.31
Sección Optima			14.38	4.8034	0.300	30.000	0.513	0.350	0.600	0.090	0.894	0.101	5.86

Fuente: Paola Cepeda, 2019

La velocidad es menor a la permisible y mayor a la mínima en todo el proyecto, el ancho de la cuneta fue dado por el diseño geométrico y con los cálculos hidráulicos el calado en la cuneta es menor a 0.30m en las diferentes pendientes longitudinales.

A continuación se muestra la sección óptima en cumplimiento de velocidades y parámetros hidráulicos para aplicar en todo el proyecto:

Gráfico 67 Cuneta óptima



Fuente: Paola Cepeda, 2019

6.7.3 Drenaje transversal

El diseño de alcantarillas deberá realizarse en función de las características de la cuenca hidráulica a ser drenada y de la carretera a la que prestará servicio. Como los sistemas de drenaje inciden en los costos de conservación y mantenimiento de las carreteras, es necesaria que las alcantarillas sean proyectadas considerando que su funcionamiento deberá estar acorde con las limitaciones impuestas por los sistemas de conservación y métodos de mantenimiento. (NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, 2003).

6.7.3.1 Elección del Tipo de Alcantarilla

Por procesos de construcción y mantenimiento de las alcantarillas, se diseñará en proyecto con alcantarillas metálicas excepto el ducto cajón que será de hormigón armado, la sección mínima circular es de 1,20 m de diámetro o su equivalente de otra sección.

Para alcantarillas metálicas el coeficiente de rugosidad de Manning es 0.016 y para alcantarilla de hormigón es 0.014. El borde libre para el diseño de alcantarillas es un parámetro muy importante, por lo cual no deben ser diseñadas para trabajar a sección llena, de acuerdo a las recomendaciones, en el diseño hidráulico se considera trabajar máximo con el 80% de llenado.

6.7.3.2 Diseño de alcantarillas

En la abscisa **0 + 380** (m) existe el cruce de la quebrada “Mulligua”, la mejor opción es un ducto rectangular de hormigón armado, con el software Flow Master se encontró la sección óptima que cumple todos los parámetros hidráulicos para el diseño.

Gráfico 68 Diseño de alcantarilla de ducto cajón Abscisa 0+380

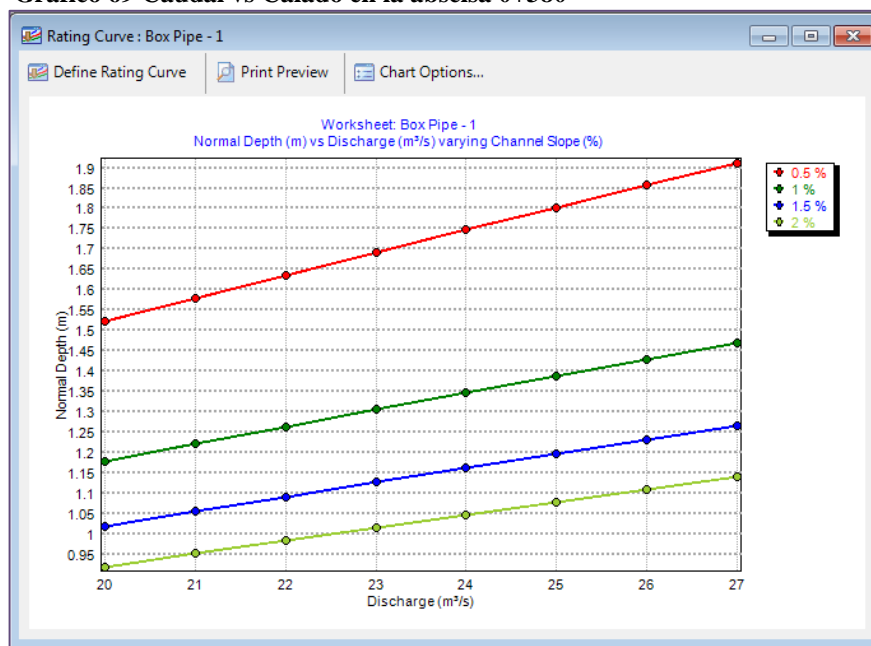
Input Parameters		Calculated Parameters	
Roughness Coefficient:	0.014	Flow Area:	5.74 m²
Channel Slope:	0.50000 %	Wetted Perimeter:	6.80 m
Normal Depth:	1.85 m	Hydraulic Radius:	0.84 m
Height:	4.20 m	Top Width:	3.10 m
Bottom Width:	3.10 m	Critical Depth:	1.92 m
Discharge:	25.8635 m³/s	Percent Full:	44.1 %
		Critical Slope:	0.00453 m/m
		Velocity:	4.51 m/s
		Velocity Head:	1.04 m
		Specific Energy:	2.89 m
		Froude Number:	1.06
		Discharge Full:	60.93 m³/s
		Slope Full:	0.02775 m/m
		Flow Type:	Supercritical

Calculation Successful.

Fuente: Programa de diseño Hidráulico - Flow Master, 2019

El software Flow Master muestra las gráficas de comportamiento de la alcantarilla en Caudal vs Calado variando las pendientes de la alcantarilla.

Gráfico 69 Caudal vs Calado en la abscisa 0+380



Fuente: Programa de diseño Hidráulico - Flow Master, 2019

En la abscisa **0 + 572,6040** (m) se colocó una alcantarilla circular metálica con una pendiente 0.75% y un diámetro de 1.20 m que es la mejor opción para el diseño.

Gráfico 70 Diseño de alcantarilla circular Abscisa 0 + 572.6040

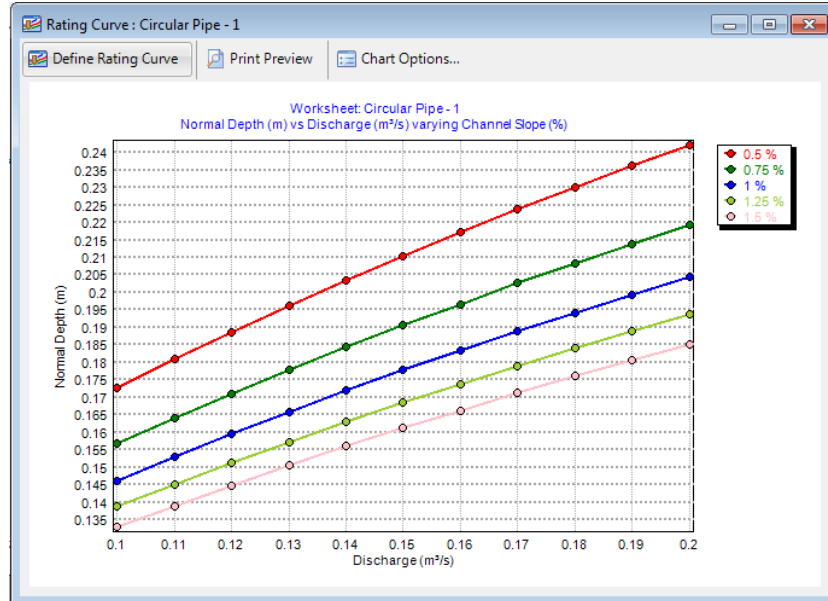
Parameter	Value	Unit
Roughness Coefficient	0.016	
Channel Slope	0.750	%
Normal Depth	0.21	m
Diameter	1.20	m
Discharge	0.1872	m³/s

Parameter	Value	Unit
Flow Area	0.14	m²
Wetted Perimeter	1.04	m
Hydraulic Radius	0.13	m
Top Width	0.92	m
Critical Depth	0.23	m
Percent Full	17.7	%
Critical Slope	0.00558	m/m
Velocity	1.39	m/s
Velocity Head	0.10	m
Specific Energy	0.31	m
Froude Number	1.15	
Maximum Discharge	2.95	m³/s
Discharge Full	2.74	m³/s
Slope Full	0.00003	m/m
Flow Type	SuperCritical	

Fuente: Programa de diseño Hidráulico - Flow Master, 2019

El software Flow Master muestra las gráficas de comportamiento de la alcantarilla en Caudal vs Calado variando las pendientes de la alcantarilla.

Gráfico 71 Caudal vs Calado



Fuente: Programa de diseño Hidráulico - Flow Master, 2019

Para diseñar la alcantarilla en la abscisa **1 + 500,645** (m) se colocó una alcantarilla circular metálica con una pendiente 0.75% y un diámetro de 1.20 m que es la mejor opción para el diseño.

Gráfico 72 Diseño de alcantarilla circular Abscisa 1 + 572.6040

Worksheet: Circular Pipe - 1

Uniform Flow | Gradually Varied Flow | Messages

Solve For: Normal Depth | Friction Method: Manning Formula

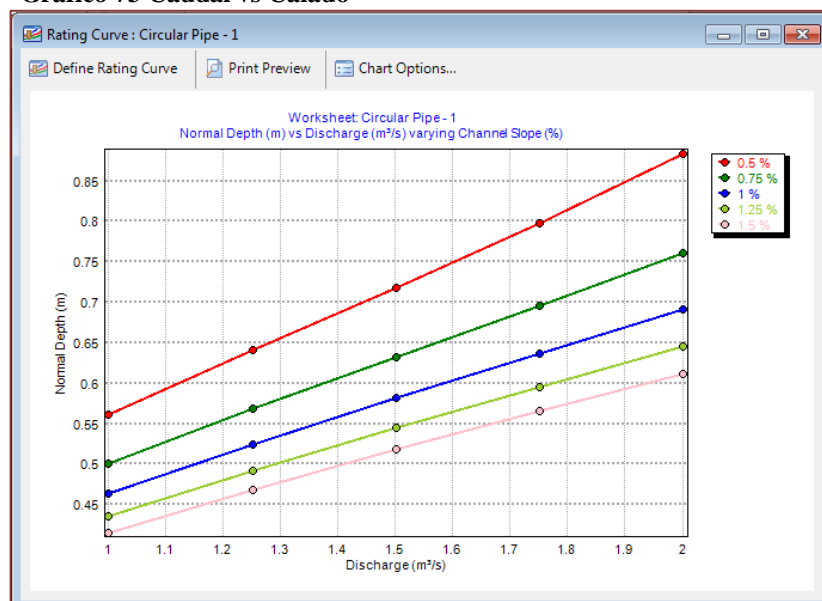
Roughness Coefficient:	0.016	
Channel Slope:	0.750	%
Normal Depth:	0.57	m
Diameter:	1.20	m
Discharge:	1.2527	m³/s
Flow Area:	0.53	m²
Wetted Perimeter:	1.82	m
Hydraulic Radius:	0.29	m
Top Width:	1.20	m
Critical Depth:	0.61	m
Percent Full:	47.4	%
Critical Slope:	0.00593	m/m
Velocity:	2.37	m/s
Velocity Head:	0.29	m
Specific Energy:	0.86	m
Froude Number:	1.14	
Maximum Discharge:	2.95	m³/s
Discharge Full:	2.74	m³/s
Slope Full:	0.00156	m/m
Flow Type:	SuperCritical	

Calculation Successful.

Fuente: Programa de diseño Hidráulico - Flow Master, 2019

El software Flow Master muestra las gráficas de comportamiento de la alcantarilla en Caudal vs Calado variando las pendientes de la alcantarilla demostrando que el diseño es el óptimo.

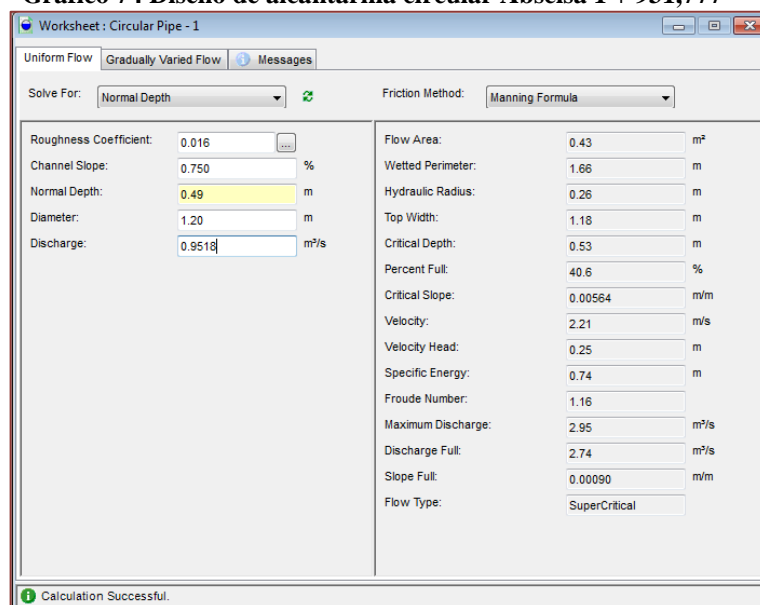
Gráfico 73 Caudal vs Calado



Fuente: Programa de diseño Hidráulico - Flow Master, 2019

Para diseñar la alcantarilla en la abscisa **1 + 931,777** (m) se colocó una alcantarilla circular metálica con una pendiente 0.75% y un diámetro de 1.20 m que es la mejor opción para el diseño cumpliendo todos los parámetros hidráulicos.

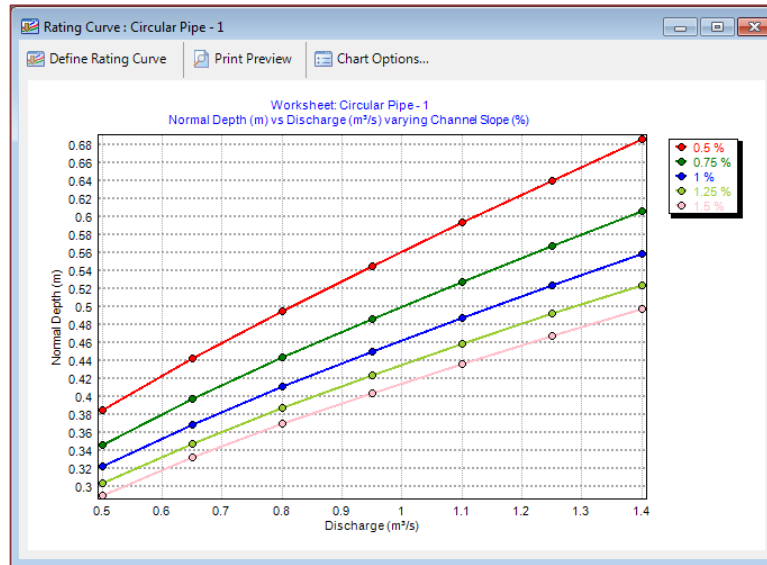
Gráfico 74 Diseño de alcantarilla circular Abscisa 1 + 931,777



Fuente: Programa de diseño Hidráulico - Flow Master, 2019

El software Flow Master muestra las gráficas de comportamiento de la alcantarilla en Caudal vs Calado variando las pendientes de la alcantarilla demostrando que el diseño es el óptimo.

Gráfico 75 Caudal vs Calado



Fuente: Programa de diseño Hidráulico - Flow Master, 2019

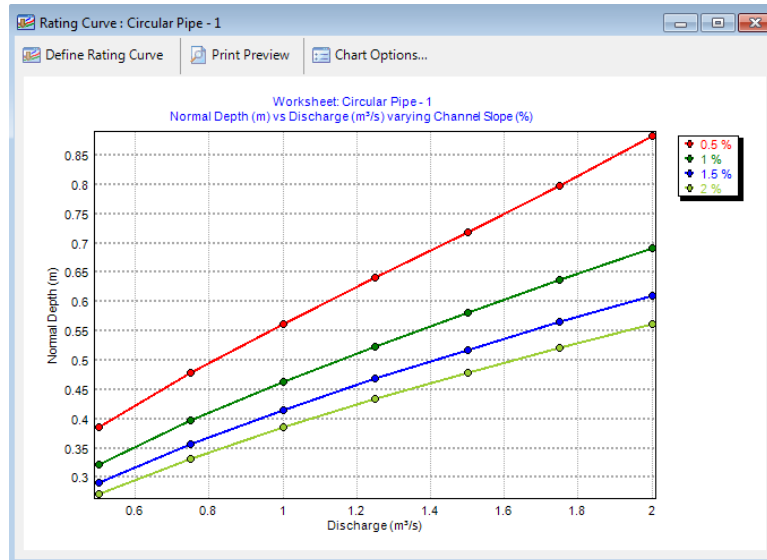
Para diseñar la alcantarilla en la abscisa **2 + 070,683** (m) se colocó una alcantarilla circular metálica con una pendiente 1.00% y un diámetro de 1.20 m que es la mejor opción para el diseño cumpliendo todos los parámetros hidráulicos.

Gráfico 76 Diseño de alcantarilla circular Abscisa 2 + 070,683

Fuente: Programa de diseño Hidráulico - Flow Master, 2019

El software Flow Master muestra las gráficas de comportamiento de la alcantarilla en Caudal vs Calado variando las pendientes de la alcantarilla demostrando que el diseño es el óptimo.

Gráfico 77 Caudal vs Calado



Fuente: Programa de diseño Hidráulico - Flow Master, 2019

Para diseñar la alcantarilla en la abscisa **2 + 202.084** (m) se colocó una alcantarilla circular metálica con una pendiente 1.00% y un diámetro de 1.20 m que es la mejor opción para el diseño cumpliendo todos los parámetros hidráulicos.

Gráfico 78 Diseño de alcantarilla circular Abscisa 2 + 202.084

Worksheet: Circular Pipe - 1

Uniform Flow | Gradually Varied Flow | Messages

Solve For: Normal Depth | Friction Method: Manning Formula

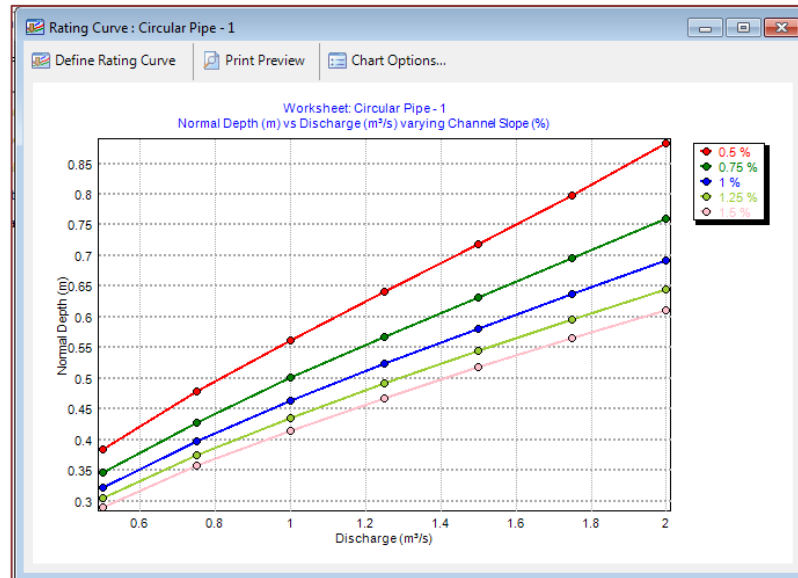
Roughness Coefficient:	0.016	
Channel Slope:	0.750	%
Normal Depth:	0.77	m
Diameter:	1.20	m
Discharge:	2.0496	m³/s
Flow Area:	0.77	m²
Wetted Perimeter:	2.24	m
Hydraulic Radius:	0.34	m
Top Width:	1.15	m
Critical Depth:	0.79	m
Percent Full:	64.4	%
Critical Slope:	0.00711	m/m
Velocity:	2.66	m/s
Velocity Head:	0.36	m
Specific Energy:	1.13	m
Froude Number:	1.04	
Maximum Discharge:	2.95	m³/s
Discharge Full:	2.74	m³/s
Slope Full:	0.00419	m/m
Flow Type:	SuperCritical	

Calculation Successful.

Fuente: Programa de diseño Hidráulico - Flow Master, 2019

Muestra las gráficas de comportamiento en Caudal vs Calado

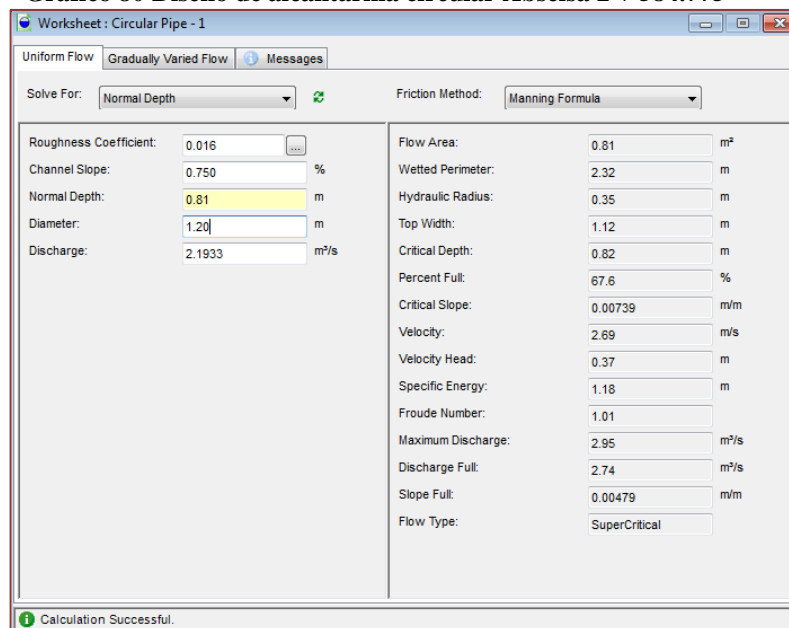
Gráfico 79 Caudal vs Calado



Fuente: Programa de diseño Hidráulico - Flow Master, 2019

Para diseñar la alcantarilla en la abscisa $2 + 584.775$ (m) se colocó una alcantarilla circular metálica con una pendiente 0.75% y un diámetro de 1.20 m que es la mejor opción para el diseño cumpliendo todos los parámetros hidráulicos.

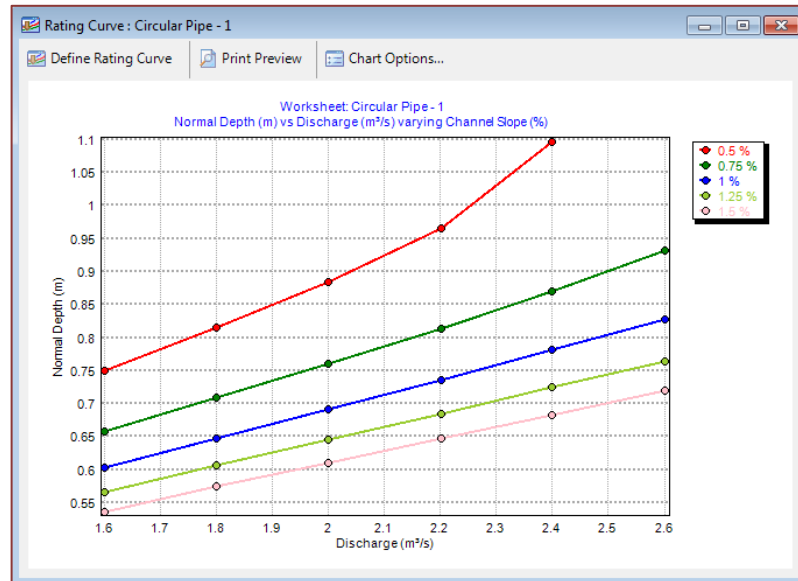
Gráfico 80 Diseño de alcantarilla circular Abscisa $2 + 584.775$



Fuente: Programa de diseño Hidráulico - Flow Master, 2019

El software Flow Master muestra las gráficas de comportamiento de la alcantarilla en Caudal vs Calado variando las pendientes de la alcantarilla demostrando que el diseño es el óptimo.

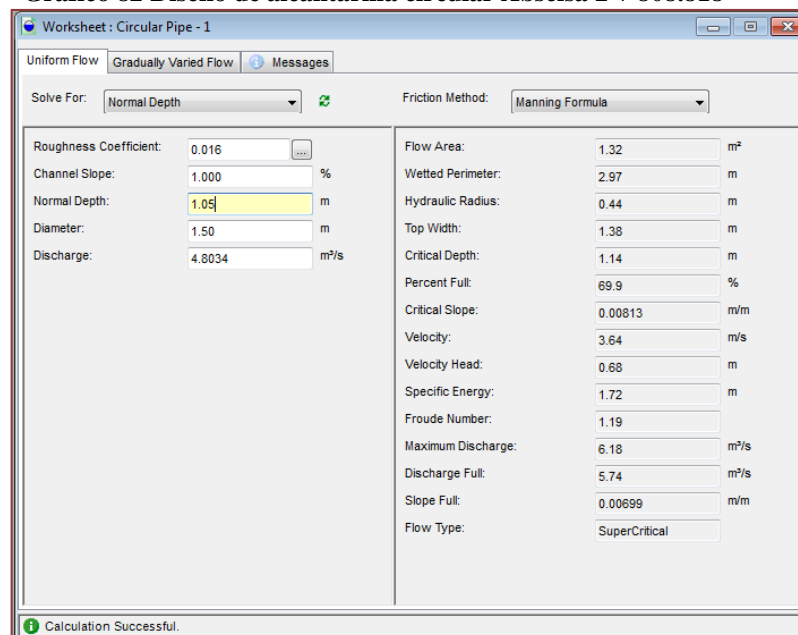
Gráfico 81 Caudal vs Calado



Fuente: Programa de diseño Hidráulico - Flow Master, 2019

En la abscisa $2 + 808.818$ (m) se colocó una alcantarilla circular metálica con una pendiente 1.00% y un diámetro de 1.50 m que es la opción óptima para el diseño cumpliendo todos los parámetros hidráulicos.

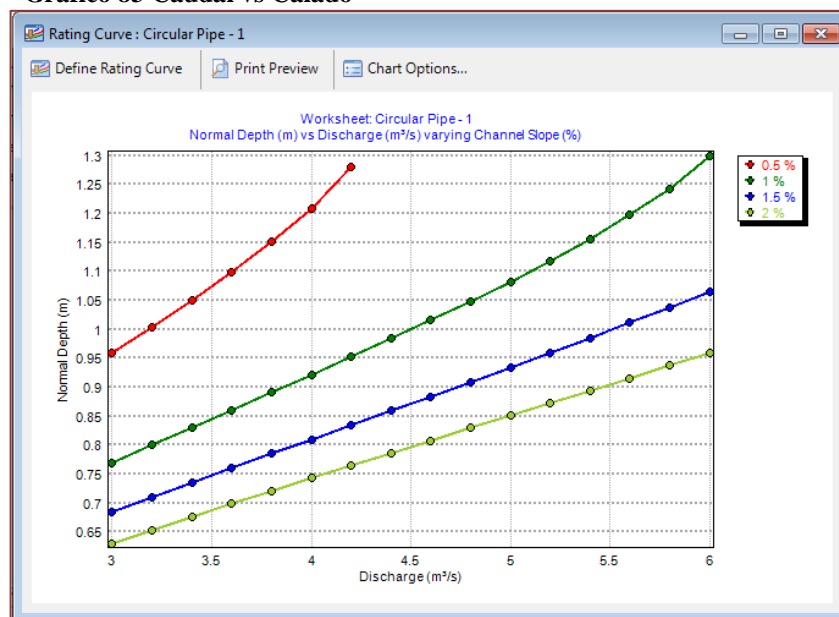
Gráfico 82 Diseño de alcantarilla circular Abscisa 2 + 808.818



Fuente: Programa de diseño Hidráulico - Flow Master, 2019

El software Flow Master muestra las gráficas de comportamiento de la alcantarilla en Caudal vs Calado variando las pendientes de la alcantarilla demostrando que el diseño es el óptimo.

Gráfico 83 Caudal vs Calado



Fuente: Programa de diseño Hidráulico - Flow Master, 2019

6.7.3.3 Alcantarillas con flujo de control de entrada

Para comprender el concepto de diseño de alcantarillas con flujo de control de entrada primero se debe comprender lo que es una sección de control, siendo esto una sección donde existe una relación definida entre caudal y calado, asumiendo que en esta sección se desarrolla un calado próximo al calado crítico.

El flujo con control de entrada depende de las condiciones de entrada de la alcantarilla, a continuación se resume las formulas necesarias para el cálculo.

$$HT = h_e + h_v + h_f \quad \text{Ec. 43}$$

$$h_e = \frac{k_e \cdot V^2}{2g} \quad \text{Ec. 44}$$

$$h_v = \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ec. 45}$$

$$h_f = -n^2 * \frac{v^2}{R^3} \quad \text{Ec. 46}$$

$$hw = (1.20 - 1.50)D \quad \text{Ec. 47}$$

Dónde:

HT = Pérdidas totales

h_w = Altura aguas arriba alcantarilla

k_e = Coeficiente de entrada

v = Velocidad de flujo, m/s

R = Radio hidráulico, en m

g = Aceleración de la gravedad, en m/s^2

n = Coeficiente de rugosidad de Manning,

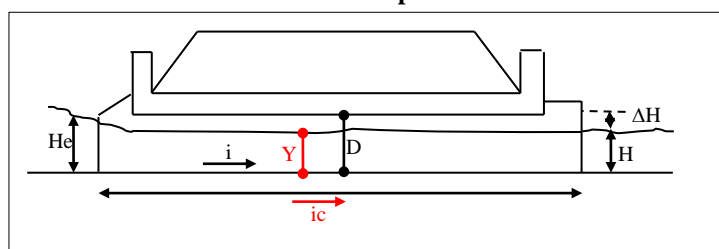
D = Diámetro de la alcantarilla, en m

Para que el flujo trabaje a superficie libre con sección parcialmente llena debe cumplirse la siguiente condición:

$$HT < (1.20-1.50) D$$

El valor del coeficiente de entrada es de 0.5 para aristas vivas en muros en u, el control de entrada se debe calcular para cada alcantarilla diseñada anteriormente.

Gráfico 84 Sección de alcantarilla parcialmente llena



Fuente: Paola Cepeda, 2019

La altura de entrada H_e es la carga energética que corresponde a la profundidad de agua medida desde la cota inver de la tubería hacia la superficie libre del agua.

En la siguiente tabla se resume los cálculos necesarios para analizar el control de entrada de todas las alcantarillas diseñadas:

Tabla 114 Resumen de alcantarillas con control de entrada

Control De Entrada											
0 +380			0 + 572.604			1 + 500.645			1 + 931.777		
He=	1.80	m	He=	1.80	m	He=	1.80	m	He=	1.80	M
Diam=	1.20	m	Diam=	1.20	m	Diam=	1.20	m	Diam=	1.20	M
k=	0.50		k=	0.50		k=	0.50		k=	0.50	
g=	9.81	m/s ²	g=	9.81	m/s ²	g=	9.81	m/s ²	g=	9.81	m/s ²
L=	14.00	m	L=	6.00	m	L=	6.00	m	L=	8.00	M
n=	0.014		n=	0.016		n=	0.016		n=	0.016	

Control De Entrada											
0 + 380			0 + 572.604			1 + 500.645			1 + 931.777		
v=	4.51	m/s	v=	1.39	m/s	v=	2.37	m/s	v=	2.21	m/s
R=	0.84	M	R=	0.13	m	R=	0.29	m	R=	0.26	M
he=	0.52	M	he=	0.05	m	he=	0.14	m	he=	0.12	M
hv=	1.04	M	hv=	0.10	m	hv=	0.29	m	hv=	0.25	M
hf=	0.07	M	hf=	0.05	m	hf=	0.04	m	hf=	0.06	M
HT=	1.63	M	HT=	0.19	m	HT=	0.47	m	HT=	0.43	M
He>HT			He>HT			He>HT			He>HT		
1.80	>	1.63	1.80	>	0.19	1.80	>	0.47	1.80	>	0.43
2 + 070.863			2 + 202.084			2 + 584.775			2 + 808.818		
He=	1.80	M	He=	1.80	m	He=	1.80	m	He=	2.25	m
Diam=	1.20	M	Diam=	1.20	m	Diam=	1.20	m	Diam=	1.50	m
k=	0.50		k=	0.50		k=	0.50		k=	0.50	
g=	9.81	m/s ²	g=	9.81	m/s ²	g=	9.81	m/s ²	g=	9.81	m/s ²
L=	6.00	M	L=	6.00	m	L=	6.00	m	L=	38.00	m
n=	0.016		n=	0.016		n=	0.016		n=	0.016	
v=	2.87	m/s	v=	2.66	m/s	v=	2.69	m/s	v=	3.64	m/s
R=	0.31	M	R=	0.34	m	R=	0.35	m	R=	0.44	m
he=	0.21	M	he=	0.18	m	he=	0.18	m	he=	0.34	m
hv=	0.42	M	hv=	0.36	m	hv=	0.37	m	hv=	0.68	m
hf=	0.06	M	hf=	0.05	m	hf=	0.05	m	hf=	0.39	m
HT=	0.69	M	HT=	0.59	m	HT=	0.60	m	HT=	1.40	m
He>HT			He>HT			He>HT			He>HT		
1.80	>	0.69	1.80	>	0.59	1.80	>	0.60	2.25	>	1.40

Fuente: Paola Cepeda, 2019

En todas las alcantarillas se cumple con la igualdad $He > HT$ teniendo en todos los casos sección parcialmente llena. La siguiente tabla resume todos parámetros hidráulicos de cada alcantarilla diseñada:

Tabla 115 Tabla de resumen de diseño de alcantarillas

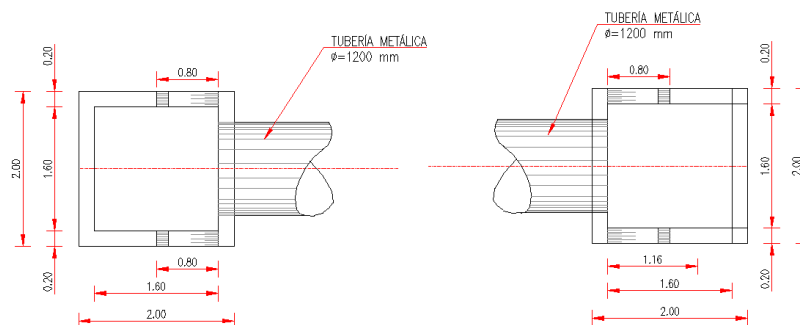
VÍA MULLIGUA SAN JUAN DE SILES : PROPUESTA DE INTERVENCIÓN PARA EL DRENAJE SUPERFICIAL TRANSVERSAL																						
Nº	ABSCISA	Q m3/s	D int. m	B	H	ORIGEN		Material	Alcant. Tipo	ESV. (°)	Longitud (m) m			Altura m	ELEVACIÓN (msnm)		S m/m	y m	V m/s	Llenado %	Fr	OBSERVACIONES
				m	m	izq.	der.				ENT.	SAL.	TOT.		Entrada	Salida						
0+000 INICIO DE VÍA																						
1	0+380.000	25.864		3.1	4.2		x	Hormigón	A	16.0	5.92	6.70	14.0	0.7	1551.756	1551.693	0.50	1.85	4.51	44.10	1.06	Reemplazar existente, drenaje natural
2	0+572.604	0.187	1.20				x	Metálica	A	15.0	2.80	3.03	6.0	1.1	1547.722	1547.678	0.75	0.21	1.39	17.70	1.15	Drenaje pluvial, descarga rio Angamarca
3	1+500.645	1.253	1.20				x	Metálica	A	0.0	2.80	2.80	6.0	1.08	1440.300	1440.258	0.75	0.57	2.37	47.40	1.14	Drenaje pluvial, descarga rio Angamarca
4	1+931.777	0.952	1.20				x	Metálica	A	19.0	2.80	3.30	8.0	1.08	1387.432	1387.386	0.75	0.49	2.21	40.60	1.16	Drenaje pluvial, descarga rio Angamarca, canal de descarga
5	2+070.863	1.753	1.20				x	Metálica	A	0.0	2.80	2.80	6.0	1.06	1367.799	1367.743	1.00	0.64	2.87	53.10	1.28	Drenaje pluvial, descarga rio Angamarca, canal de descarga
6	2+202.084	2.050	1.20				x	Metálica	A	0.0	2.80	2.80	6.0	1.26	1357.553	1357.511	0.75	0.77	2.66	64.40	1.04	Drenaje pluvial, descarga rio Angamarca
7	2+584.775	2.193	1.20				x	Metálica	A	12.0	3.00	3.00	6.0	1.18	1330.711	1330.666	0.75	0.81	2.69	67.60	1.01	Reemplazar existente, descarga rio Angamarca
8	2+808.818	4.803	1.50				x	Metálica	A	0.0	2.80	34.80	38.0	1.08	1317.169	1316.793	1.00	1.05	3.64	69.90	1.19	Drenaje pluvial, descarga rio Angamarca

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Todas las estructuras de alcantarillas existentes serán retiradas para construir las nuevas con las características antes mostradas.

A continuación se muestra el muro de cabecera diseñado para todas las estructuras de drenaje transversal, este tipo de muro es el más económico y la opción optima ya que no necesita orientar las líneas de corriente a la entrada y a la salida.

Gráfico 85 Muro De Cabecera Tipo Cajón



Fuente: Manual De Productos De Acero Para Drenaje Y Construcción Vial, Pg. 127-131

Se presentan las siguientes obras de drenaje vial resumidas en el proyecto con sus respectivas obras de cabeceras, cuyo detalle y ubicación se encuentra en los planos del **ANEXO N° 13: Planos De Drenaje Vial**

6.7.4 Drenaje subdrenaje

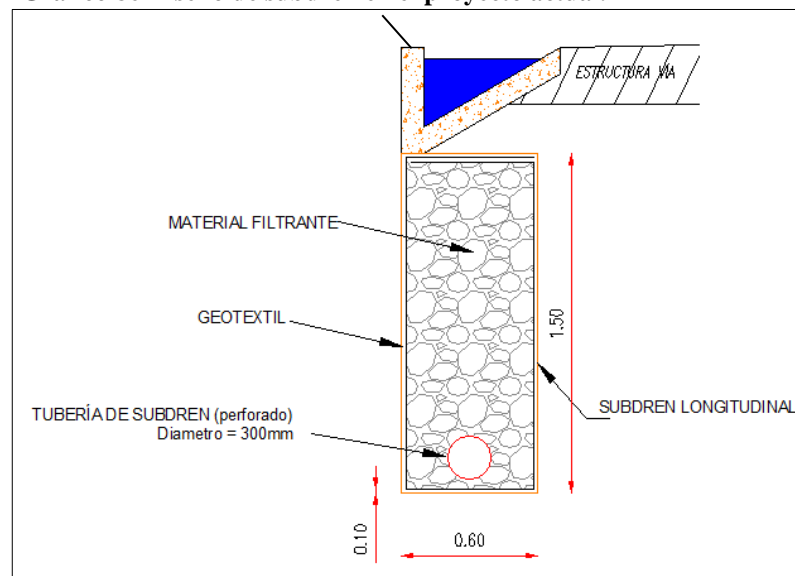
Para obras de subdrenaje el agua juega un papel importante en el comportamiento estructural de los suelos, constituyéndose este elemento en el principal causante de los derrumbes, deslizamientos y flujos de lodo cuando se altera el equilibrio preexistente a la intervención de la vía, siendo capaz por sí sola de dañar al pavimento (VEN TE CHOW H. A., 1994)

El principal objetivo del subdrenaje consiste en controlar y/o limitar la presencia de humedad en la obra básica, teniendo como funciones específicas interceptar y desviar las corrientes subterráneas antes que lleguen a la subrasante o abatir el nivel freático y sanear las capas del firme. En el caso del presente proyecto se ha previsto subdrenajes en los sitios de corte, ante la posibilidad de la presencia de flujos

subterráneos, que serán verificados en el momento de la construcción. Sin embargo existen diámetros recomendables en rangos 10cm y 30 cm que se son los suficientemente para longitudes de evaluación interiores a 120m, si se deseara colocar para una mayor longitud se aumentara el diámetro” (RODRIGO A. LEMOS, 1999, p. 126).

Las obras de subdrenaje se colocarán a lo largo de toda la vía bajo la cuneta derecha, en estos sitios se abatirán los niveles de agua ya que se encuentra al pie del talud adyacente a la vía

Gráfico 86 Diseño de subdren en el proyecto actual.



Fuente: Paola Cepeda, 2019

6.7.5 Diseño de muros de contención

6.7.5.1 Muros a gravedad

Los muros de gravedad son estructuras de contención convencionales que obtienen su soporte por la acción de su peso solamente. Son elementos principalmente pasivos, los cuales soportan cargas laterales por la tendencia del suelo a moverse. La altura que puede usarse en los muros de gravedad es muy limitada, especialmente cuando se encuentra cimentada sobre suelos arcillosos; sin embargo, a pesar de sus limitaciones, los muros de gravedad se utilizan con mucha frecuencia para la

prevención y remediación de amenazas a deslizamientos de tierra. (SUAREZ, 2019).

Se diseñará un muro de 3.50 metros de altura, la siguiente tabla detalla la ubicación de cada uno.

Tabla 116 Ubicación de muros de gravedad

VIA MULLIGUA SAN JUAN SILES MURO 3.5m CICLÓPEO				
Abse Inicial	Abse. Final	Longitud (m)	Tipo De Muro	Altura (m)
1+155.00	1+160.00	5.00	Ciclópeo	3.5
1+170.00	1+180.00	10.00	Ciclópeo	3.5
1+375.00	1+390.00	15.00	Ciclópeo	3.5
1+990.00	2+005.00	15.00	Ciclópeo	3.5
2+065.00	2+075.00	10.00	Ciclópeo	3.5
2+105.00	2+140.00	35.00	Ciclópeo	4.5

Fuente: Paola Cepeda, 2019

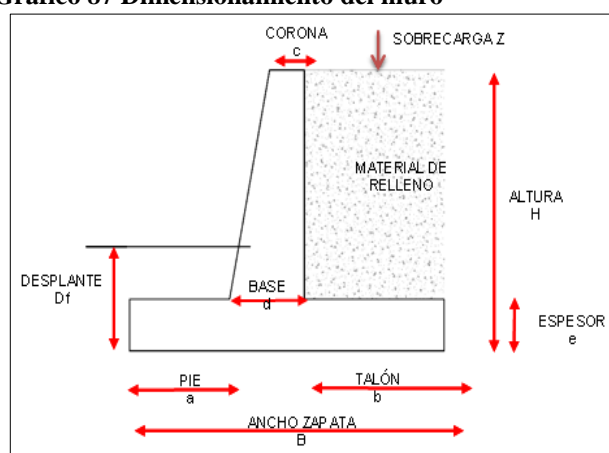
A continuación se diseñará el muro a gravedad con las siguientes dimensiones que dan cumplimiento a los factores de seguridad y deslizamiento.

Tabla 117 Dimensionamiento del muro

Dimensiones		
H=	3.50	m
Df=	0.00	m
c =	0.35	m
d =	0.80	m
e =	0.80	m
B =	3.50	m
b =	2.10	m
a =	0.60	m

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Gráfico 87 Dimensionamiento del muro



Fuente: Paola Cepeda, 2019

A continuación se muestran las propiedades físicas del Muro a diseñarse:

Tabla 118 Propiedades físicas del muro a gravedad

Descripción	Símbolos	Valores	U
Altura del muro	H=	3.50	m
Resistencia hormigón	f'c =	210.00	Kg/cm ²
Desplante	Df=	0.00	m
Peso unitario específico Hormigón	γh =	2.20	T/m ³
Angulo Fricción Relleno Sub Base Clase III	φ =	30.00	°
Tangente φ	Tan φ=	0.577	
Peso unitario del Relleno	γs =	1.90	T/m ³
Capacidad portante suelo	σ =	10.00	T/m ²
Sobrecarga	z=	1.50	m
Factor de seguridad volcamiento	FSV= 2.00		
Factor de seguridad deslizamiento	FSD= 1.50		

Fuente: Paola Cepeda, 2019**Cálculo De Las Fuerzas De Volcamiento**

- Determinación del empuje activo mediante la Teoría de Rankin

$$\text{Coeficiente activo del suelo } K_{ha} = \frac{1 - \tan \phi}{1 + \tan \phi} = 0.33$$

$$\text{Presión Activa } p_a = \gamma_s * H * K_{ha} = 1.710 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Empuje activo } E_1 = \frac{H}{2} * p_1 = 2.992 \text{ T/m}$$

- La sobrecarga genera el siguiente empuje sobre el muro

$$\text{Presión debido a la sobrecarga } p_2 = \gamma_s * z * K_{ha} = 0.950 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Empuje debido a la sobrecarga } E_2 = p_2 * H = 3.32 \text{ T/m}$$

- Empuje Sísmico.- se utilizara la ecuación establecida por Seed y Whitman, el cual se encuentra en función del tipo de suelo y ubicación zonal del proyecto de esta manera al encontrarnos ubicados en la provincia de Cotopaxi tendremos un valor 0.30g como se muestra en la siguiente tabla de la Norma Ecuatoriana De La Construcción. (GARZÓN Carlos, 2012)

Tabla 119 valores de valor Z

Valores Del Factor Z En Función De La Zona Sísmica						
Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor z	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	>=0.50
Caracterización de la amenaza sísmica	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Fuente: Norma Ecuatoriana De La Construcción NEC, 2015

Tabla 120 Valor Z en la ubicación del proyecto

Población	Parroquia	Cantón	Provincia	Z
El Corazón	El Corazón	Pangua	Cotopaxi	0.30

Fuente: Norma Ecuatoriana De La Construcción NEC, 2015

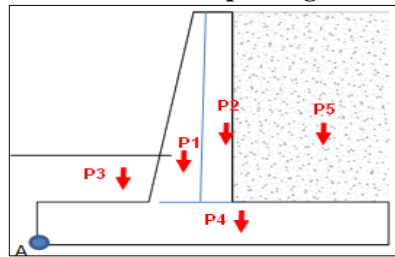
Cálculo De Las Fuerzas Estabilizantes

Tabla 121 Fuerzas estabilizantes

P1	0.89 T
P2	2.97 T
P3	0.00 T
P4	6.16 T
P5	10.77 T

Fuente: Paola Cepeda, 2019

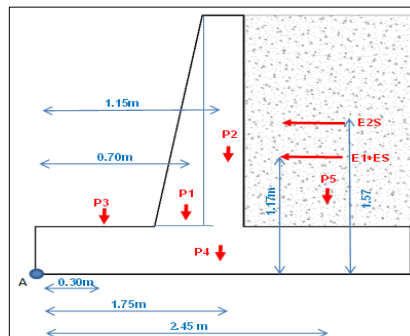
Gráfico 88 Pesos de las partes geométricas del muro



Fuente: Paola Cepeda, 2019

Cálculo De Momentos Volcamiento y Estabilizantes

Gráfico 89 Dimensionamiento del muro



Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 122 Fuerzas actuantes en el muro

Fuerza	Fv T	Fh T	bi m	M estabilz. (T*m)	M volca. (T*m)
P1	0.89	-----	0.70	0.62	-----
P2	2.97	-----	1.15	3.42	-----
P3	0.00	-----	0.30	0.00	-----
P4	6.16	-----	1.75	10.78	-----
P5	10.77	-----	2.45	26.39	-----
E1+Es	-----	4.55	1.17	-----	5.31
E2	-----	3.32	1.75	-----	5.82
Σ	20.79	7.88		41.21	11.13

Fuente: Paola Cepeda, 2019

- $FSD' = \operatorname{tg} \Phi \frac{\text{FUERZAS VERTICALES (20.79)}}{\text{FUERZAS HORIZONTALES (7.88)}} \geq 1.50 FSD$

1.52 > 1.5 cumple seguridad al deslizamiento

- $FSV' = \frac{\text{MOMENTO STABILIZANTE (41.21)}}{\text{MOMENTO VOLCAMIENTO (11.13)}} \geq 2.00 FSV$

3.70 > 2 cumple seguridad al volcamiento

Cálculo y ubicación De La Resultante (λ) - Cálculo Esfuerzos Del Suelo

$$\lambda = \frac{\text{Mestabliz} - \text{Molcamiento}}{\text{Fuerzas Verticales}} = 1.45\text{m}$$

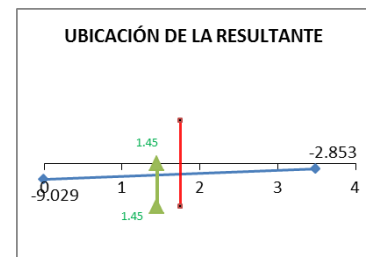
La resultante se ubica dentro del tercio medio dela base del muro, por lo que concluimos que no tendrá esfuerzos de tensión en esta.

Cálculo de esfuerzos en el suelo

$$f1 - 2 = \frac{\Sigma Fv}{B} \left(1 + \frac{6 * \epsilon}{B} \right) = 9.02 \text{T/m}$$

$$f1 - 2 = \frac{\Sigma Fv}{B} \left(1 - \frac{6 * \epsilon}{B} \right) = 2.85 \text{T/m}$$

Verificación al corte del muro



Cortante carga uniforme $V1 = \frac{q * L}{1}$

Cortante carga triangular $V2 = \frac{q * L}{2}$

Cortante admisible $Vuc = 0.53 * (f'c)^{(1/2)}$

Cortante ultimo $Vu = 1.5 VT$

Cortante ultimo $Uu = \frac{Vu}{\Phi bd} < Vuc$

Cortante admisible $Vuc = 0.53 * (f'c)^{(1/2)}$

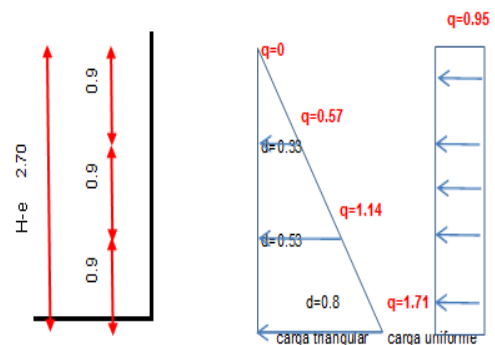


Tabla 123 determinación de cortantes en la pantalla

DETERMINACION DE CORTANTES						
V. carga trian 0	V. carga uniforme. 0	Total (Vt) 0	Últimos (T) 0	Uu (kg/cm2) 0	Vc (kg/cm2) 7.680	Observación
0.256	0.855	1.111	1.667	0.654	7.680	Cumple Cortante
1.026	1.710	2.736	4.104	0.943	7.680	Cumple Cortante
2.308	2.565	4.873	7.310	1.083	7.680	Cumple Cortante

Fuente: Paola Cepeda, 2019

ANEXO N°14: Planos de diseño muro a gravedad

6.7.5.2 Muros de concreto reforzados

Los muros de concreto reforzado son relativamente esbeltos y comúnmente en forma de L o T invertida, los cuales tienen una placa semi vertical o inclinada monolítica con otra placa en la base, con relleno en tierra por encima de la cimentación. Una estructura de concreto reforzado resiste las fuerzas de un movimiento, debido principalmente a la presión de la tierra sobre el muro. El muro, a su vez, debe apoyarse en una cimentación por fuera de la masa inestable.

Se diseñará un muro de hormigón armado de 5.00m para los lugares donde la vía no se encuentre totalmente estable y a continuación se detalla las abscisas en las que se ubicaran los mismos.

Tabla 124 Ubicación de los muros a lo largo de la vía

VIA MULLIGUA SAN JUAN SILES MURO 5.00m ARMADO				
Absc. Inicial	Absc. Final	Longitud (m)	Tipo De Muro	Altura (m)
0+425.00	0+430.00	5.00	Armado	5
1+020.00	1+060.00	40.00	Armado	5
1+265.00	1+300.00	35.00	Armado	5
1+455.00	1+480.00	25.00	Armado	5
1+680.00	1+710.00	30.00	Armado	5
2+670.00	2+700.00	30.00	Armado	5

Fuente: Paola Cepeda, 2019

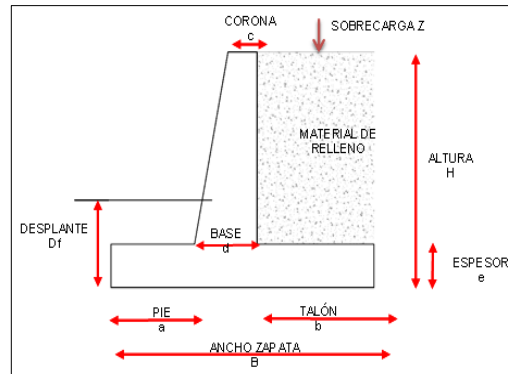
Se dimensionará el muro armado utilizando los criterios de diseño para cumplir el factor de seguridad y deslizamiento. A continuación se muestra el pre dimensionamiento para el diseño del muro de concreto armado:

Tabla 125 Datos de las dimensiones del muro

H=	5.00	m
Df=	1.00	m
c=	0.25	m
d=	0.65	m
e=	0.45	m
B=	4.15	m
b=	3.00	m
a=	0.50	m

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Gráfico 90 Dimensionamiento del muro



Fuente: Paola Cepeda, 2019

Cálculo De Las Fuerzas De Volcamiento

- Empuje Activo.- Para el cálculo del empuje activo se utilizó la teoría de Rankin

$$\text{Coeficiente activo del suelo } K_{ha} = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = 0.33$$

$$\text{Presión Activa } p_a = \gamma_s * H * K_{ha} = 2.331 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Empuje activo } E_1 = \frac{H}{2} * p_1 = 6.148 \text{ T/m}$$

- Empuje Generado por la sobrecarga

$$\text{Presión debido a la sobrecarga } p_2 = \gamma_s * z * K_{ha} = 0.95 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Empuje debido a la sobrecarga } E_2 = p_2 * H = 4.75 \text{ T/m}$$

- Empuje Sísmico.- por la ubicación del proyecto tendremos un valor 0.5g

$$\text{Empuje sísmico } E_s = \frac{1}{2} * \gamma_s * H^2 * \left(\frac{3}{4} * a \right) = 2.951 \text{ T}$$

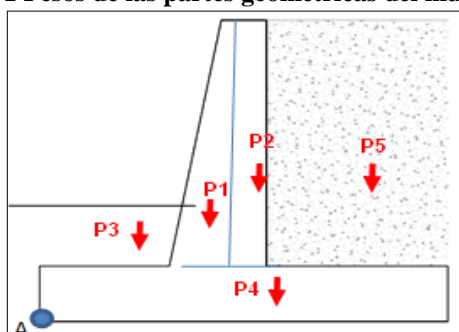
Cálculo De Las Fuerzas Estabilizantes

Tabla 126 Fuerzas estabilizantes

P1	2.18 T
P2	2.73 T
P3	0.00 T
P4	4.48 T
P5	25.94 T

Fuente: Paola Cepeda, 2019

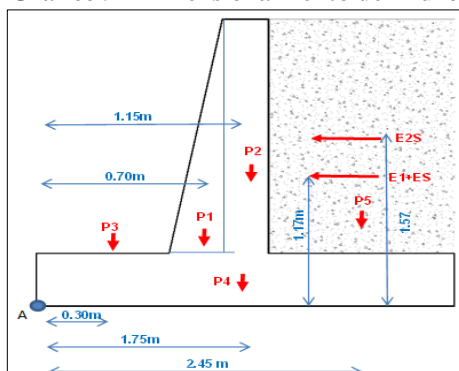
Gráfico 91 Pesos de las partes geométricas del muro



Fuente: Paola Cepeda, 2019

Cálculo De Momentos Volcamiento y Estabilizantes

Gráfico 92 Dimensionamiento del muro



Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 127 Sumatoria de fuerzas actuantes en el muro

Fuerza	Fv T	Fh T	bi m	M estabilz. (T/m)	M volca. (T/m)
P1	2.18	-----	0.63	1.38	-----
P2	2.73	-----	1.03	2.80	-----
P3	0.00	-----	0.25	0.00	-----
P4	4.48	-----	2.08	9.30	-----
P5	25.94	-----	2.65	68.73	-----
E1+Es	-----	8.78	1.67	-----	14.63
E2	-----	4.75	2.50	-----	11.87
Σ	35.33	13.53		82.21	26.50

Fuente: Paola Cepeda, 2019

$$\bullet \quad FSD' = \operatorname{tg} \Phi \frac{\text{FUERZAS VERTICALES}}{\text{FUERZAS HORIZONTALES}} \geq FSD$$

1.508 > 1.5 cumple seguridad al deslizamiento

- $FSV' = \frac{\text{MOMENTO STABILIZANTE}}{\text{MOMENTO VOLCAMIENTO}} \geq FSV$

3.102 > 2 cumple seguridad al volcamiento

Cálculo Esfuerzos Del Suelo – Ubicación De La Resultante, Ubicación de la resultante λ

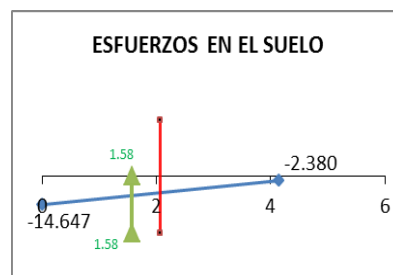
$$\lambda = \frac{\text{Mestabliz - Molcamiento}}{\text{Fuerzas Verticales}} = 1.58\text{m}$$

Como se puede observar, la resultante de fuerzas pasa por el tercio medio lo que indica que existe únicamente esfuerzos a compresión.

Calculo de esfuerzos en el suelo

$$f_{1-2} = \frac{\Sigma Fv}{B} \left(1 + \frac{6 * \epsilon}{B} \right) = 14.64 \text{ T/m}$$

$$f_{1-2} = \frac{\Sigma Fv}{B} \left(1 - \frac{6 * \epsilon}{B} \right) = 2.38 \text{ T/m}$$



Cortante carga uniforme $V_1 = \frac{q * L}{1}$

Cortante carga triangular $V_2 = \frac{q * L}{2}$

Cortante admisible $V_{uc} = 0.53 * (f'c)^{(1/2)}$

Cortante ultimo $V_u = 1.5 V_T$

Cortante ultimo $U_u = \frac{V_u}{\phi_{bd}} < V_{uc}$

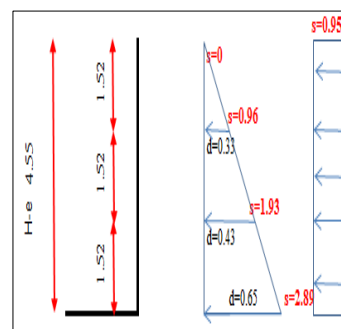


Tabla 128 Determinación de cortantes en la pantalla

Determinación De Cortantes						
V. carga triang	V. carga unifor.	V. total (Vt)	V. últimos (T)	Uu (kg/cm2)	Vc (kg/cm2)	Observación
0	0	0	0	0	8.211	Cumple Cortante
0.732	1.444	2.176	3.263	1.352	8.211	Cumple Cortante
2.926	2.888	5.814	8.722	2.670	8.211	Cumple Cortante
6.585	4.332	10.917	16.375	3.211	8.211	Cumple Cortante

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 129 Determinación de momentos en la pantalla

Determinación De Momentos				
M. carga triang	M. carga unifor.	M. total (Mt)	M. últimos (Mu)	d-recub
0	0	0	0	0
0.371	1.097	1.468	2.202	0.284
2.966	4.390	7.355	11.033	0.384
10.009	9.877	19.886	29.828	0.600

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Con los momentos obtenidos de la pantalla se calcula los aceros que se colocarán en el armado del muro.

As = Acero de refuerzo

$$As = 0.85 * \frac{f''c * b * d}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu}{0.85 * \phi * f''c * b * d^2}} \right) \quad \text{Ec. 48}$$

$$As_{min} = \frac{1.4}{fy} * b * d \quad \text{Ec. 49}$$

$$A_{temperatura} = 0.0018 * b * d \quad \text{Ec. 50}$$

Tabla 130 Armadura necesaria

ARMADO DE LA PANTALLA					
M. últimos (Mu)	d-recub	As calculo	As min	As temp.	As diseño
0	0	0	0	0	0
2.202	0.284	4.10179	9.469	5.113	9.469
11.033	0.384	15.19055	12.810	6.917	15.191
29.828	0.600	26.3036	11.000	10.800	16.090

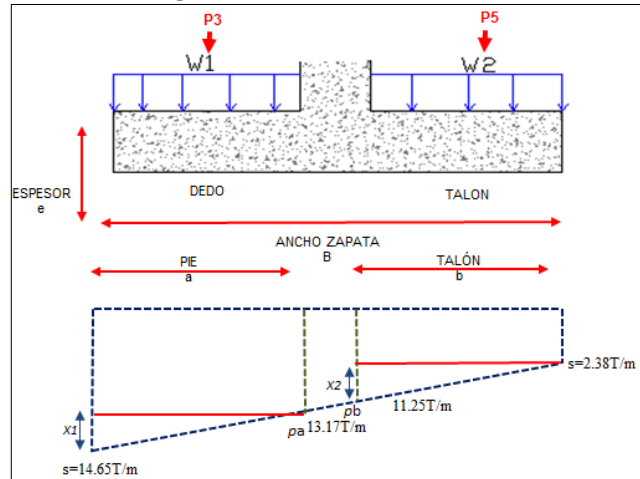
Fuente: Paola Cepeda, 2019**Tabla 131** Armadura en la pantalla

Acero Diseño	Acero Cara Interna	Acero Cara Externa	As Temp.	Acero De Temperatura
0	1 φ 16 @ 15 cm	1 φ 16 @ 15 cm	5.113	1 φ 14 @ 15 cm
0.899			6.917	
16.09			10.8	

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Los esfuerzos aplicados formarán diagramas en la cimentación y nos darán como resultado el armado necesario en el diseño del dedo y talón.

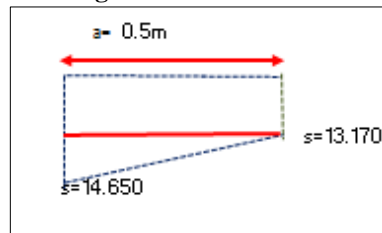
Gráfico 93 Diagrama en la cimentación del muro



Fuente: Paola Cepeda, 2019

A continuación se diseñará el dedo de la cimentación, determinando el momento y se verificara al corte, para obtener el armado necesario.

Gráfico 94 diagrama en dedo de la cimentación



Fuente: Paola Cepeda, 2019

Control a la flexión

$$\varphi = 0.9$$

$$M_F = \frac{L^2}{6} * (2s_1 + s_2) = 1.769 \text{ Tm}$$

$$M_u = 1.70 * M_F / \varphi = 3.342 \text{ Tm}$$

$$\delta b = 0.85 * \varphi * (f'_c / f_y) * (6300 / 6300 + 4200) = 0.026228571$$

$$\delta_{max} = 0.5 * \delta b = 0.01311$$

$$R_u = \delta_{max} * f_y * (1 - 0.59 \delta_{max} f_y / f'_c) = 47.62 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{Ru} = R_u * b * d^2 = 76 \text{ Tm}$$

$M_u \leq M_{Ru}$ Cumple con los esfuerzos flectores.

$$3.342 \leq 76$$

Control al cortante

$$\phi = 0.85$$

$$V = (f_1 + f_3)/2 * a * 1.50 = 10.431 \text{ T}$$

$$V_u = V / \phi b d = 3.0680 \text{ Kg/cm}^2$$

$$V_{uc} = 0.53 * (f'_c)^{1/2} = 8.21 \text{ Kg/cm}^2$$

$$V_u \leq V_{uc}$$

$$3.068 \leq 8$$



Cumple con los esfuerzos de cortante por lo

cual el espesor del dedo es óptimo

Determinación del armado a través de los momentos.

$$A_s = 0.85 * \frac{f'_c * b * d}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_u}{0.85 * \phi * f'_c * b * d^2}} \right) = 2.2231 \text{ cm}^2$$

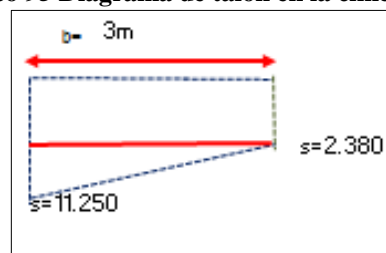
$$A_{smin} = \frac{1.4}{f_y} * b * d = 13.333 \text{ cm}^2$$

$$A_{stemperatura} = 0.0018 * b * d = 7.2 \text{ cm}^2$$

			Cantidad De Aceros
Área de acero longitudinal para el armado =	13.3	cm ²	6 ϕ 16 @ 15.00cm
Área de acero transversal para el armado =	7.2	cm ²	4 ϕ 16 @ 15.00cm

A continuación se diseñará el talón de la cimentación, determinando el momento y se verificara al corte, para obtener el armado necesario.

Gráfico 95 Diagrama de talón en la cimentación



Fuente: Paola Cepeda, 2019

Control a la flexión

$$\phi = 0.9$$

$$M_F = \frac{L^2}{6} * (2s_1 + s_2) = 37.313 \text{ Tm}$$

$$M_u = 1.70 * M_F / \phi = 70.480 \text{ Tm}$$

$$\delta b = 0.85 * \phi * (f'_c / f_y) * (6300 / 6300 + 4200) = 0.02622857$$

$$\delta_{max} = 0.5 * \delta b =$$

$$0.01311$$

$$R_u = \delta_{max} * f_y * (1 - 0.59 \delta_{max} f_y / f'_c) = 47.62 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$MR_u = R_u * b * d^2 = 76 \quad \text{Tm}$$

$$M_u \leq MR_u \quad \text{Cumple con los esfuerzos flectores.}$$

$$3.342 \leq 76 \quad \text{Control al cortante}$$

$$\phi = 0.85$$

$$V = (f_1 + f_3) / 2 * a * 1.50 = 10.431 \quad \text{t}$$

$$V_u = V / \phi b d = 3.0680 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$V_{uc} = 0.53 * (f'_c)^{1/2} = 8.21 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$V_u \leq V_{uc} \quad \text{Cumple con los esfuerzos de cortante por lo}$$

$$3.068 \leq 8 \quad \text{cual el espesor del dedo es óptimo}$$

Determinación del armado a través de los momentos.

$$A_s = 0.85 * \frac{f'_c * b * d}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_u}{0.85 * \phi * f'_c * b * d^2}} \right) = 0.5962 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = \frac{1.4}{f_y} * b * d = 13.333 \text{ cm}^2$$

			Cantidad De Aceros
Área de acero longitudinal para el armado =	13.3	cm2	6 ϕ 16 @ 15.00 cm
Área de acero transversal para el armado =	7.2	cm2	4 ϕ 16 @ 15.00 cm

ANEXO N°14: Planos de diseño muro de concreto armado

6.8 Cálculo de volúmenes de obra

Tabla 132 Cálculo de volúmenes de obra del diseño hidráulico del proyecto

Nº	Especificación	U.	Cantidad	Observación
1	Remoción de estructuras de hormigón	m ³	64.00	En estructuras de drenaje superficial y/o subdrenaje
2	Excavación y relleno de obras de arte menor	m ³	154.00	En estructuras de entrada y/o salida de alcantarillas y tuberías
3	Excavación para cunetas laterales	m ³	3464.80	Cunetas revestidas de Hormigón
4	Excavación para subdrenes longitudinales	m ³	2565.00	Ubicadas margen derecho de toda la vía
5	Excavación y relleno de obras de arte menor	m ³	138.44	En enrocados, encauzamientos, canal de descarga
6	Material filtrante para subdrenes longitudinales	m ³	2308.50	Piedra bola D _m (50 a 100 mm)
7	Geo textil para subdrenes longitudinales	m ²	12996.00	NT-2000, no tejido de ancho 4.60 m
8	Suministro y colocación tubería metálica, D=1.20 m	m	90.00	Espesor 2 mm
12	Hormigón estructural, Clase B, f _c =210 kg/cm ²	m ³	52.5	En cabezales de entrada y salida de alcantarillas canales de descarga
13	Hormigón estructural, Clase C, f _c =210 kg/cm ²	m ³	627.00	En cunetas
14	Hormigón estructural, Clase C, f _c =140 kg/cm ²	m ³	2.8	En Replanto
15	Acero de refuerzo en barras, f _y =4.200 kg/cm ²	kg	4805.85	En cabezales de entrada y salida de alcantarillas, canales de descarga
16	Escollera de piedra suelta	m ³	52.94	A la salida
17	Acero de refuerzo en barras, f _y =4.200 kg/cm ²	kg	13047.39	Armado de Ducto Cajón y muro de alas
18	Cinta de PVC, L=40 cm, con sello de material bituminoso	m	17.80	Sello paredes de ducto cajón
19	Hormigón estructural, Clase C, f _c =240 kg/cm ²	m ³	120.99	Hormigón en Ducto Cajón

Fuente: Paola Cepeda, 2019

CAPITULO VII

7 Diseño de señalización vial

Para el diseño de la señalización de la vía “Mulligua – San Juan Siles” así como contar con comodidad y seguridad se tomó en consideración la velocidad media de circulación y la diferencia de velocidades que tendrán los vehículos, además el ancho de la vía, la intensidad del tráfico, la buena calidad del material y el mantenimiento de la superficie de rodadura.

7.1 Normativa utilizada

Para dar una circulación segura en el trayecto de la vía “Mulligua – San Juan Siles” se deberá realizar un diseño de señalización para dar información sobre prevención e indicaciones. Para realizar el diseño de señalización se tomará en cuenta las siguientes normas:

- Señalización Horizontal - RTE-INEN-004-2.
- Señalización Vertical - RTE-INEN-004-1.
- Señales de vías requisitos - RTE-INEN-004-3.
- Pinturas de señalamiento de tráfico - RTE-INEN-004-1-042.
- Demarcadores reflectivos - RTE-INEN-2-282.
- Reflectividad en Materiales - ASTM D4956.

7.2 Señalización vertical

Las señales de tránsito se utilizan para ayudar al movimiento seguro y ordenado del tránsito de peatones y vehículos. Contienen instrucciones las cuales deben ser obedecidas por los usuarios de las vías, previenen de peligros que pueden no ser muy evidentes o, información acerca de rutas, direcciones, destinos y puntos de interés; los medios empleados para transmitir información, constan de la combinación de un

mensaje, una forma y un color. El mensaje de la señal de tránsito puede ser una leyenda, un símbolo o un conjunto de los dos. (REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-1 P. R., Señalización Vial Parte 1. Señalización Vertical, 2011). Las señales deben ser retroreflectivas o iluminadas, de modo que puedan verse sus colores y forma, tanto en la noche como en el día. La retro Reflectividad se obtiene mediante materiales retroreflectivos. (REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-1 P. R., Señalización Vial Parte 1. Señalización Vertical, 2011, p. 14)

La clasificación de las señales son las siguientes:

- Señales regulatorias (Código R).
- Señales preventivas (Código P).
- Señales de información (Código I).
- Señales especiales delineadoras (Código D).

7.2.1 Señales Preventivas (Código P)

Advierten a los usuarios de las vías, sobre condiciones inesperadas o peligrosas en la vía o sectores adyacentes a la misma. (REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-1 P. R., Señalización Vial Parte 1. Señalización Vertical, 2011, p. 7)

Para elegir la dimensión de la señal preventiva se tomará en cuenta la velocidad de circulación de una vía:








Tabla 133 Señales Preventivas Dimensión

velocidad km/h	Dimensión (mm) de la señal
menos de 60 km/h	600 mm x 600 mm
70 km/h – 80 km/h	750 mm x 750 mm
más de 90 km/h	900 mm x 900 mm

Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano 004-1,2011, P.50

Como resultado para el actual proyecto la dimensión de la señal preventiva será de 600mm por 600mm a causa de que la velocidad es menos a 60 km/h.

Tabla 134 Señales preventivas utilizadas

Señalización	Identificación
  P1-1 I P1-1 D	Curva abierta izquierda Curva abierta derecha
  P1-1/I P1-1/D	Curva cerrada izquierda Curva cerrada derecha
  P1-6I P1-6D	Curva tipo U izquierda Curva tipo U derecha
 P6-2	Resalto / Reductor De Velocidad

Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano 004-1,2011

7.2.2 Señales Informativas (Código I)

Informan a los usuarios de la vía de las direcciones, distancias, destinos, rutas, ubicación de servicios y puntos de interés turístico. (REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-1 P. R., Señalización Vial Parte 1. Señalización Vertical, 2011, p. 7). La ubicación para la señal de información de poblado será a 1.50 metros de altura desde el nivel de la vía. Para los postes de kilometraje acorde para zonas rurales se colocarán señalizaciones de 450 mm * 600 mm y para la señal de información de poblado de 1800 mm * 600mm (REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-1 P. R., Señalización Vial Parte 1. Señalización Vertical, 2011, p. 138). En el presente proyecto se utiliza las siguientes señales informativas:

Tabla 135 Señal Informativa Dimensiones

D-1
KILOMETRAJE



DIMENSIONES (mm)	
Ancho	Alto
450	600

Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano 004-1,2011

Tabla 136 Señal Informativa Dimensiones

II-a
SEÑAL DE INFORMACIÓN



DIMENSIONES (mm)	
Ancho	Alto
1800	600

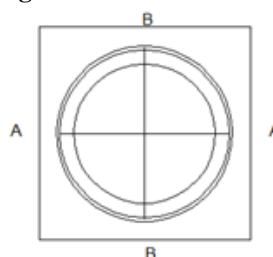
Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano 004-1,2011

7.2.3 Señales Regulatorias (Código R)

Regulan el movimiento del tránsito e indican cuando se aplica un requerimiento legal, la falta del cumplimiento de sus instrucciones constituye una infracción de tránsito. (REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-1 P. R., Señalización Vial Parte 1. Señalización Vertical, 2011, p. 7). Por lo cual las dimensiones de la señalización utilizada en el presente proyecto es de 600 mm por 600 mm, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 137 Señales Regulatorias Dimensiones

DIMENSIONES (mm)	
A	B
600 mm	40 mm



Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano 004-1,2011

Ilustración 6 Señales Regulatorias Utilizadas



R4-1

R2-13

Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano 004-1,2011

7.2.4 Delineadores De Curva Tipo Chevrone (Código D)

Delinean al tránsito que se aproxima a un lugar con cambio brusco (ancho, altura y dirección) de la vía, o la presencia de una obstrucción en la misma. (REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-1 P. R., Señalización Vial Parte 1. Señalización Vertical, 2011).

Tabla 138 Espaciamiento En Curva Horizontal

RADIO DE CURVATURA (m)	ESPACIAMIENTO EN CURVA (m)
15	8
50	10
75	12
100	15
150	20
200	22
250	24
300	27

Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano 004-1,2011. P 135

Dimensiones de chevrones utilizadas en el actual proyecto:

Tabla 139 Dimensiones De Chevrones



D6-2I



D6-2D

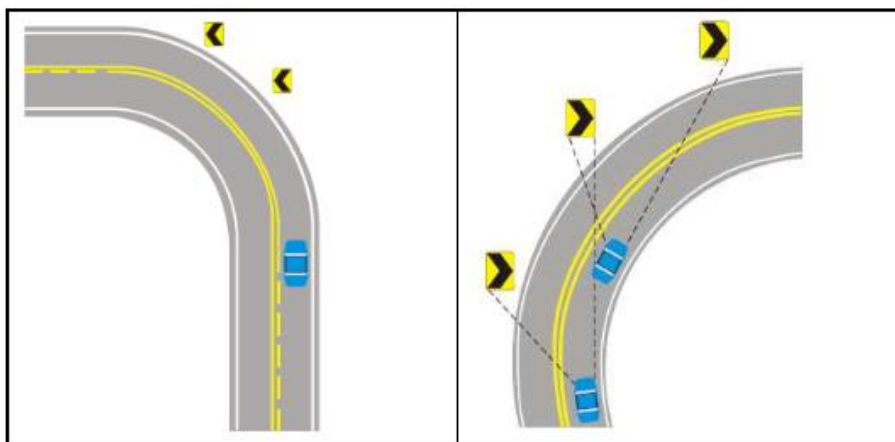
DIMENSIONES (mm)	
Ancho	Altura
600	750

Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano 004-1,2011

En curvas y en las tangentes de entrada y salida de éstas, el espaciamento de los delineadores de curva horizontal deberá ser tal que sean visibles para el conductor, como mínimo, tres (3) delineadores a la vez. (REGLAMENTO

Señalización Vertical, 2011)

Ilustración 7 Ubicación De Chevrone



Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano 004-1,2011

Se presenta la tabla de resumen de las cantidades que se colocarán de delineadores de curva.

Tabla 140 Cantidades De Delineadores De Curva

Nombre	Longitud De Curva	Radio	Espacio	Chevrones
Curva#:01	21.319	20	10	3
Curva#:02	16.968	25	10	3
Curva#:03	49.107	60	12	5
Curva#:04	25.405	20	10	3
Curva#:05	34.895	70	12	6
Curva#:06	43.373	20	10	3
Curva#:07	29.189	80	15	5
Curva#:08	14.744	20	10	3
Curva#:09	30.715	30	10	3
Curva#:10	29.256	50	10	5
Curva#:11	50.466	21	10	3
Curva#:12	59.027	50	10	5
Curva#:13	18.042	50	10	5
Curva#:14	10.192	25	10	3
Curva#:15	36.509	11.7	8	3
Curva#:16	11.361	60	12	5
Curva#:17	66.68	50	10	5
Curva#:18	5.196	30	10	3
Curva#:19	33.023	10.5	8	3
Curva#:20	6.205	20	10	3
Curva#:21	32.37	10.3	8	3

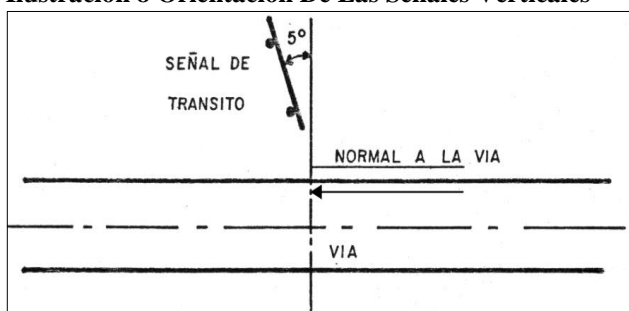
Nombre	Longitud De Curva	Radio	Espacio	Chevrones
Curva#:22	11.107	20	10	3
Curva#:23	33.036	10.5	8	3
Curva#:24	18.359	20	10	3
Curva#:25	14.545	20	10	3
Curva#:27	10.139	20	10	3
Curva#:28	33.186	10.65	8	3
Curva#:29	22.825	25	10	3
Curva#:30	31.638	10.2	8	3
Curva#:31	23.282	20	10	3
Curva#:32	15.606	20	10	3
Curva#:33	19.992	15	8	3
Curva#:34	19.44	15	8	3
Curva#:35	84.538	54	12	5
Curva#:36	25.193	30	10	3
Curva#:37	29.904	50	10	5
Curva#:38	12.129	50	10	5
Curva#:39	15.136	30	10	3
Curva#:40	8.213	30	10	3
Curva#:41	30.772	25	10	3
Curva#:42	34.239	60	12	5
Curva#:43	20.668	25	10	3
Curva#:44	38.501	13.3	8	3
Curva#:45	39.437	20	10	3
Curva#:46	31.762	20	10	3
Curva#:47	17.279	30	10	3

Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano 004-1,2011

Se utilizará 163 delineadores de curvas en total para la vía “Mulligua – San Juan Siles”.

Para evitar el deslumbramiento desde las superficies de las señales, estas deben ser orientadas con un ángulo de 5° y en dirección al tránsito que estas sirven en alineamientos curvos, el ángulo de instalación debe ser determinado por el curso de aproximación del tránsito antes que por el filo de la vía en el punto donde la señal es colocada (REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-1 P. R., 2011, p. 13)

Ilustración 8 Orientación De Las Señales Verticales



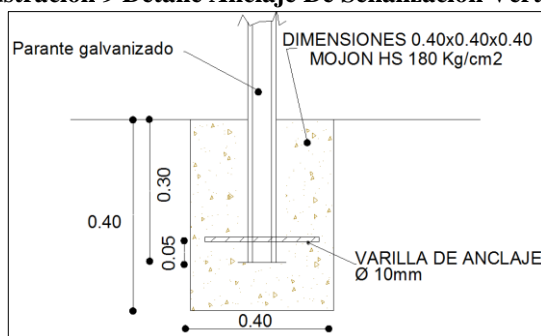
Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano 004-1,2011

7.2.5 Anclajes

Las señales se instalarán en el piso en un anclaje de concreto simple cuya resistencia a compresión a veintiocho (28) días sea, como mínimo 180 kg/cm².

Dentro del anclaje se acepta la inclusión de dos (2) capas de cantos de diez centímetros (10 cm) de tamaño máximo, una superior y otra inferior, con el fin de dar rigidez a la señal instalada, mientras fragua el concreto, realizándose una excavación cuadrada de 40 cm de lado y 40 cm de profundidad, para el anclaje de la señal (MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, 2002, p. 752)

Ilustración 9 Detalle Anclaje De Señalización Vertical



Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano 004-1,2011

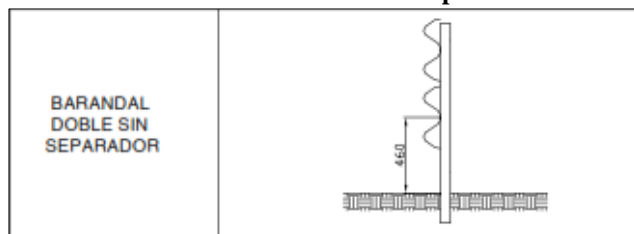
7.2.6 Guardavías

Son los elementos de seguridad vehicular más eficaces y económicos, en el actual proyecto se colocará al borde de la vía, con fines de señalización y contención; están compuestos de perfiles metálicos que se instalan a lo largo de las vías de circulación vehicular y gracias a su forma, resistencia y dimensiones evitan o disminuyen los

daños por accidentes. (REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-1 P. R., 2011).

Para el actual proyecto vial se ha seleccionado perfiles corrugados y postes de acero para guardavías con barandal doble sin separador.

Ilustración 10 Barandal doble Sin Separador



Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano 004-1, 2011

Los materiales de los barandales y terminales deben ser hechos de placas de acero al carbono, los pernos y tuercas para los barandales deben ser de un material resistente a la corrosión y todas las conexiones o empalmes deben realizarse con los pernos de cabeza de botón oval, para reducir al mínimo la proyección al lado de la carretera del barandal. (REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-2 2. , 2011)

7.3 Señalización horizontal

La señalización horizontal corresponde a la aplicación de marcas viales, conformadas por líneas, flechas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento, cordones y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas. (REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-2 2. , 2011).

Se debe cumplir para el diseño de señalización horizontal las siguientes condiciones:

- a) Su tamaño, contraste, colores, forma, composición y retro Reflectividad o iluminación, se combinen de tal manera que atraigan la atención de todos los usuarios. (REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-2 2. , 2011, p. 5)

- b) Su forma, tamaño, colores y diagramación del mensaje, se combinen para que este sea claro, sencillo e inequívoco. (REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-2 2. , 2011, p. 5)
- c) Su legibilidad y tamaño correspondan al emplazamiento utilizado, permitiendo en un tiempo adecuado de reacción. (REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-2 2. , 2011, p. 5)
- d) Su tamaño, forma y mensaje concuerden con la situación que se señala, contribuyendo a su credibilidad y acatamiento. (REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-2 2. , 2011, p. 5)
- e) Sus características de color y tamaño se aprecien de igual manera durante el día, la noche y períodos de visibilidad limitada. (REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-2 2. , 2011, p. 5)

7.3.1 Demarcación Longitudinal

Las líneas de borde a realizar corresponderán a líneas continuas de color blanco en los extremos y de color amarillo en la zona central, considerando la existencia de un separador físico que divide los dos sentidos viales de la vía. El ancho de dichas líneas es de 10 cm. (REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-2 2. , 2011)

Tabla 141 Relación Señalización Línea De Separación De Circulación Opuesta Segmentada.

Velocidad máxima de la vía (km/h)	Ancho de la línea (mm)	Patrón (m)	Relación de señalización brecha
Menor o igual a 50	100	12	3 -- 9

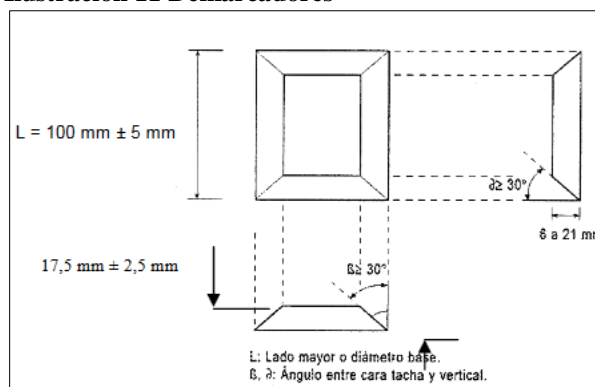
Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano 004-1,2011

7.3.2 Tachas Reflectivas

Tratándose de señalización complementaria “ojos de gato, tachas”, su lado mayor o el diámetro de su base, debe ser de 100 mm con tolerancia de ± 5 mm; con altura de 17,5 mm con tolerancia de $\pm 2,5$ mm. Además, ninguna de sus caras debe formar un

ángulo mayor a 600 con la horizontal. (REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-2 2. , 2011, p. 08)

Ilustración 11 Demarcadores



Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano 004-1,2011

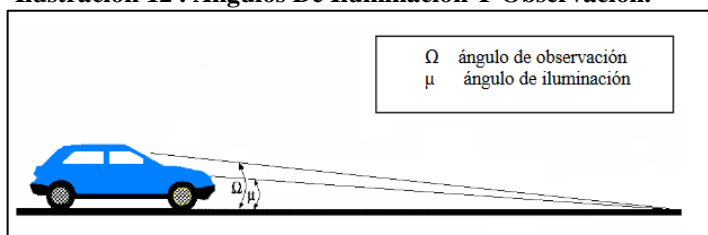
Las señalizaciones deben ser visibles en cualquier período del día y bajo toda condición climática, por ello se construirán con materiales apropiados, como micro-esferas de vidrio, y deben someterse a procedimientos que aseguren su retro reflexión. Esta propiedad permite que sean más visibles en la noche al ser iluminadas por las luces de los vehículos, ya que una parte significativa de la luz que reflejan retorna hacia la fuente luminosa. (REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-2 2. , 2011, p. 09)

Tabla 142 Niveles Mínimos De Retro reflexión En pinturas sobre pavimento

Visibilidad	Ángulos		Colores	
	Iluminación (Grados)	Observación (Grados)	Blanco	Amarillo
a 15.00 m	3.5	4.5	150	95
a 30.00 m	1.24	2.29	150	70

Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano 004-1,2011

Ilustración 12 . Ángulos De Iluminación Y Observación.



Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano 004-1,2011

7.4 Ubicación de la señalización

Tomando en cuenta todos los criterios antes mencionados se realizó los planos de señalización respetando la Norma técnica RTE-INEN 004 y a continuación se resume la ubicación en la vía de cada señal. **ANEXO N° 15: Planos de señalización vial.**

Tabla 143 Ubicación De La Señalización En El Lado Izquierdo

Datos De Señalización - Lado Izquierdo		
Abscisa	Código	Tipo De Señal
00+000.0	I-2	Señal De Información - Kilometraje
00+000.0	I1-a	Señal De Información - Pueblo
00+030.2	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
00+106.6	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
00+198.0	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
00+240.0	P1-1I	Señal Preventiva - Curva Cerrada Izquierda
00+325.1	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
00+404.4	P1-6D	Señal Preventiva - Curva Tipo U Derecha
00+445.6	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
00+464.5	R4-1a	Señal Preventiva - Velocidad Máxima
00+510.2	R2-13	Señal De Información-Prohibido Rebasar
00+545.5	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
00+590.8	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
00+652.4	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
00+750.0	P1-6D	Señal Preventiva - Curva Tipo U Derecha
00+850.3	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
00+901.5	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
00+954.3	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
00+966.1	P5-1	Señal Preventiva - Resalto
01+000.0	I-2	Señal De Información - Kilometraje
01+030.0	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
01+070.0	R4-1a	Señal Preventiva - Velocidad Máxima
01+080.0	P5-1a	Señal Preventiva - Resalto 100 m
01+166.1	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
01+190.0	R2-13	Señal De Información-Prohibido Rebasar
01+210.0	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
01+215.0	P5-1	Señal Preventiva - Resalto
01+267.2	P1-6I	Señal Preventiva - Curva Tipo U Izquierda
01+312.7	P5-1a	Señal Preventiva - Resalto 100 m
01+330.2	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
01+340.5	R2-13	Señal De Información-Prohibido Rebasar
01+390.8	P1-6D	Señal Preventiva - Curva Tipo U Derecha
01+410.6	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
01+470.7	P1-6I	Señal Preventiva - Curva Tipo U Izquierda
01+485.5	R4-1a	Señal Preventiva - Velocidad Máxima
01+509.7	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
01+563.7	R2-13	Señal De Información-Prohibido Rebasar
01+593.8	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda

Datos De Señalización - Lado Izquierdo		
Abscisa	Código	Tipo De Señal
01+690.0	P1-6D	Señal Preventiva - Curva Tipo U Derecha
01+745.3	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
01+810.0	P1-6I	Señal Preventiva - Curva Tipo U Izquierda
01+815.4	P5-1	Señal Preventiva - Resalto
01+855.0	P1-1D	Señal Preventiva - Curva Cerrada Derecha
01+870.0	R4-1a	Señal Preventiva - Velocidad Máxima
01+890.0	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
01+912.4	P5-1a	Señal Preventiva - Resalto 100 m
01+950.7	P1-1D	Señal Preventiva - Curva Cerrada Derecha
01+970.8	R2-13	Señal De Información-Prohibido Rebasar
01+990.9	P1-1I	Señal Preventiva - Curva Cerrada Izquierda
02+000.5	I-2	Señal De Información - Kilometraje
02+090.7	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
02+140.6	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
02+225.4	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
02+265.2	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
02+349.6	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
02+410.8	P1-1I	Señal Preventiva - Curva Cerrada Izquierda
02+490.7	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
02+540.5	P1-1I	Señal Preventiva - Curva Cerrada Izquierda
02+605.1	P1-6D	Señal Preventiva - Curva Tipo U Derecha
02+653.4	P1-1I	Señal Preventiva - Curva Cerrada Izquierda
02+670.0	R4-1a	Señal Preventiva - Velocidad Máxima
02+770.8	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
02+787.2	R2-13	Señal De Información-Prohibido Rebasar
02+827.5	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
02+843.3	I1-a	Señal De Información - Pueblo

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 144 Ubicación De La Señalización En El Lado Derecho

Datos De Señalización - Lado Derecho		
Abscisa	Código	Tipo De Señal
00+000.0	I-2	Señal De Información - Kilometraje
00+000.0	I1-a	Señal De Información - Pueblo
00+007.2	P1-1D	Señal Preventiva - Curva Cerrada Derecha
00+075.0	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
00+130.5	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
00+196.3	P1-1D	Señal Preventiva - Curva Cerrada Derecha
00+241.2	R2-13	Señal De Información-Prohibido Rebasar
00+280.3	R4-1a	Señal Preventiva - Velocidad Máxima
00+291.6	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
00+330.9	P1-6I	Señal Preventiva - Curva Tipo U Izquierda
00+410.8	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
00+454.2	R2-13	Señal De Información-Prohibido Rebasar
00+500.0	R4-1a	Señal Preventiva - Velocidad Máxima
00+515.4	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
00+548.3	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
00+600.0	R2-13	Señal De Información-Prohibido Rebasar
00+625.2	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
00+650.4	R4-1a	Señal Preventiva - Velocidad Máxima

Datos De Señalización - Lado Derecho		
Abscisa	Código	Tipo De Señal
00+669.8	P1-6D	Señal Preventiva - Curva Tipo U Derecha
00+780.8	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
00+860.9	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
00+873.7	P5-1ª	Señal Preventiva - Resalto 100 m
00+896.6	R2-13	Señal De Información-Prohibido Rebasar
00+920.7	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
00+940.0	R4-1ª	Señal Preventiva - Velocidad Máxima
00+955.8	P1-6I	Señal Preventiva - Curva Tipo U Izquierda
00+965.2	P5-1	Señal Preventiva - Resalto
01+000.0	I-2	Señal De Información - Kilometraje
01+060.0	R2-13	Señal De Información-Prohibido Rebasar
01+085.3	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
01+120.0	P5-1ª	Señal Preventiva - Resalto 100 m
01+185.3	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
01+200.1	R4-1ª	Señal Preventiva - Velocidad Máxima
01+210.5	P5-1	Señal Preventiva - Resalto
01+234.7	P1-6D	Señal Preventiva - Curva Tipo U Derecha
01+275.2	R2-13	Señal De Información-Prohibido Rebasar
01+311.3	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
01+321.3	R4-1ª	Señal Preventiva - Velocidad Máxima
01+335.1	P1-6I	Señal Preventiva - Curva Tipo U Izquierda
01+385.8	R4-1ª	Señal Preventiva - Velocidad Máxima
01+390.7	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
01+410.6	R2-13	Señal De Información-Prohibido Rebasar
01+425.2	P1-6D	Señal Preventiva - Curva Tipo U Derecha
01+470.5	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
01+510.8	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
01+545.3	R2-13	Señal De Información-Prohibido Rebasar
01+562.1	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
01+624.9	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
01+648.1	R4-1ª	Señal Preventiva - Velocidad Máxima
01+655.3	P1-6I	Señal Preventiva - Curva Tipo U Izquierda
01+711.2	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
01+721.3	P5-1ª	Señal Preventiva - Resalto 100 m
01+750.0	P1-6D	Señal Preventiva - Curva Tipo U Derecha
01+815.5	P5-1	Señal Preventiva - Resalto
01+825.8	P1-1I	Señal Preventiva - Curva Cerrada Izquierda
01+865.9	P1-1D	Señal Preventiva - Curva Cerrada Derecha
01+915.5	P1-1I	Señal Preventiva - Curva Cerrada Izquierda
01+954.2	P1-1D	Señal Preventiva - Curva Cerrada Derecha
02+000.0	I-2	Señal De Información - Kilometraje
02+005.1	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
02+105.5	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
02+185.4	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
02+251.8	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
02+299.7	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
02+331.5	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
02+374.9	P1-1D	Señal Preventiva - Curva Cerrada Derecha
02+420.2	R2-13	Señal De Información-Prohibido Rebasar
02+445.7	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda

Datos De Señalización - Lado Derecho		
Abscisa	Código	Tipo De Señal
02+510.5	P1-2D	Señal Preventiva - Curva Abierta Derecha
02+540.4	R4-1ª	Señal Preventiva - Velocidad Máxima
02+551.9	P1-6I	Señal Preventiva - Curva Tipo U Izquierda
02+601.5	P1-1D	Señal Preventiva - Curva Cerrada Derecha
02+735.0	P1-1I	Señal Preventiva - Curva Cerrada Izquierda
02+798.1	P1-2I	Señal Preventiva - Curva Abierta Izquierda
02+843.3	I1-a	Señal De Información – Pueblo

Fuente: Paola Cepeda, 2019

7.5 Cálculo de cantidades

En la siguiente tabla se muestra las cantidades de la señalética utilizada.

Tabla 145 Resumen De Señalización

Resumen De Señalización	Cantidad
señal de información - kilometraje letreros de 0.45x0.60	6
señal de información letreros de 1.80x0.60	4
señal preventiva - curva abierta derecha - letreros de 0.60x0.60	29
señal preventiva - curva abierta izquierda letreros de 0.60x0.60	29
señal de información-prohibido rebasar - letreros de 0.60x0.60	15
señal preventiva - velocidad máxima - letreros de 0.60x0.60	15
señal preventiva - curva tipo u derecha - letreros de 0.60x0.60	9
señal preventiva - curva tipo u izquierda - letreros de 0.60x0.60	9
señal preventiva - curva cerrada derecha - letreros de 0.60x0.60	8
señal preventiva - curva cerrada izquierda - letreros de 0.60x0.60	8
chevrones - letreros de 0.70x0.90	163

Fuente: Paola Cepeda, 2019

ANEXO N°15: Planos de señalización vial- vía Mulligua – San Juan de Siles

Tabla 146 Cantidades De Señalización

Cantidades De Señalización		
Delineadores de curva horizontal tipo CHEVRON (0.60X0.75) m	u	163
Letreros de 0.45 x 0.60 m.	u	6
Letreros de 0.60 x 0.60 m.	u	122
Letreros de 1.80 x 0.60 m.	u	4
Pintura de pavimento (amarilla)	m	2840
Pintura de pavimento continua (blanca)	m	5680
Tachas reflectivas	u	710

Fuente: Paola Cepeda, 2019

CAPITULO VIII

8 Estudio de Impacto Ambiental

8.1 Introducción

El estudio de impacto ambiental del área de estudio de la vía “Mulligua – San Juan Siles” consiste en definir la línea Base de la misma, es decir caracterizar la situación actual de los recursos físico, socioeconómico, cultural y al conjunto de especies de plantas, animales y otros organismos que ocupan el área del proyecto.

Se identificará las áreas de influencia ambiental directa e indirecta para encontrar zonas de vulnerabilidad y realizar un diagnóstico ambiental.

Luego de esta identificación se describirá y evaluará los impactos ambientales relevantes, que pueden ser negativos, positivos, permanentes o temporales, irreversibles, directos e indirectos ocasionados por las fases del proyecto de construcción vial, operación y mantenimiento.

Para el plan de manejo ambiental se utilizarán medidas ambientales de acuerdo a la identificación y evaluación de impactos, se incluirá presupuestos y cronograma de implementación.

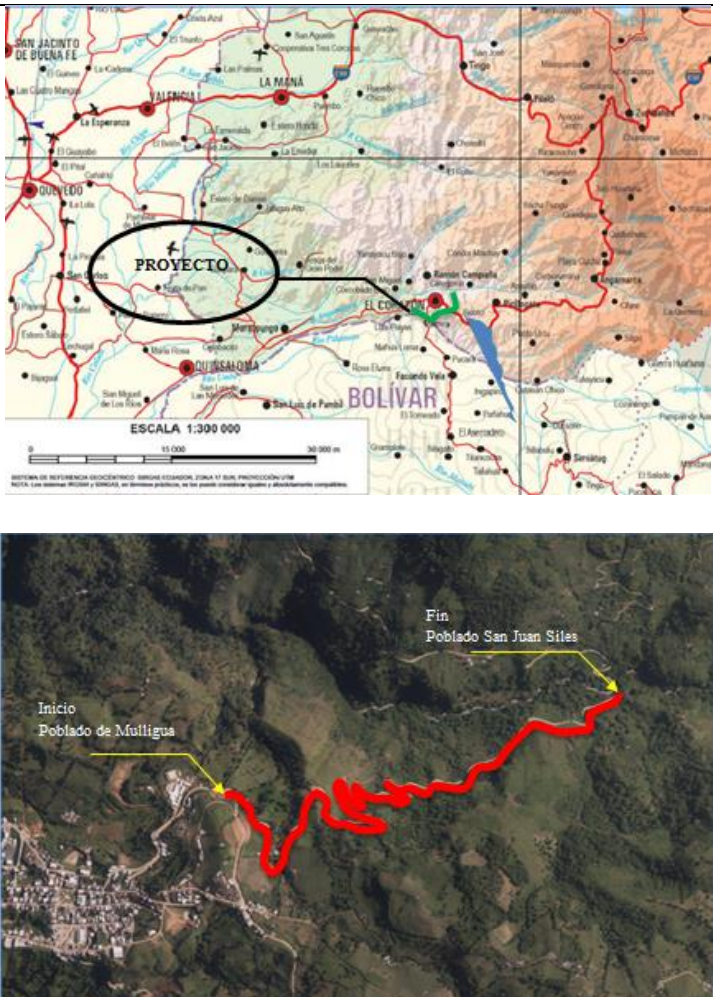
8.2 Ficha ambiental

Tabla 147 Identificación En La Ficha Ambiental

1.- PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD	ACTIVIDAD
Estudio de la vía “Mulligua – San Juan Siles” ubicado en la parroquia de El Corazón Cantón Pangua Provincia de Cotopaxi para su rehabilitación y mejoramiento.	Rehabilitación y mejoramiento de autopistas, vías de primer, segundo, tercer y cuarto orden

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 148 Ficha Ambiental Para La Vía "Mulligua - San Juan Siles"

1. DATOS GENERALES							
Sistema de coordenadas UTM WGS84 Zona 17 S							
Este (X)		Norte (Y)		Altitud (msnm)			
Inicio		714243.640		9874541.770		1555.410	
Fin		715266.160		9875039.110		1320.470	
Estado del proyecto, obra o actividad:	Construcción :		Operación:	X	Cierre :		Abandono :
Dirección del proyecto, obra o actividad:							
Cantón: Pangua			Ciudad: El Corazón		Provincia: Cotopaxi		
PARROQUIA: El Corazón Urbana: Rural: •			Zona no delimitada:		Periferia:		
CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA							
Área del proyecto (Ha o m ²): 18900 [m ²]				Infraestructura: Camino vecinal			
Mapa del sitio: (Referenciado de acuerdo al manual de procedimientos para la elaboración de la Ficha Ambiental CII-03)							
 <p>El mapa superior es un mapa regional de Ecuador que muestra la ubicación del proyecto en la zona de Mulligua y San Juan Siles, con una escala de 1:300 000. El mapa inferior es un mapa aéreo detallado que muestra la ruta del proyecto, con el inicio en Poblado de Mulligua y el fin en Poblado San Juan Siles.</p>							

EQUIPOS Y ACCESORIOS PRINCIPALES A UTILIZAR		
Estación total	Rodillo	Motoniveladora
Volquetes	Tanquero	Asfaltadora
Herramienta menor	Distribuidor de asfalto	Cargadora
OBSERVACIONES:		
DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA UTILIZADA		
Los materiales que se utilizarán en el proyecto de mejoramiento vial son: <ul style="list-style-type: none">• Base clase 4• Imprimación asfalto RC-250• Carpeta asfáltica e=8.00 [cm]• Hormigón simple clase f'c=180 [kg/cm²]• Hormigón simple clase f'c=210 [kg/cm²]• Tubería metálica corrugada D=1200 [mm], e=2.5 [mm]• Tubería metálica corrugada D=1500 [mm], e=2.5 [mm]• Encofrado• Agua• Estacas		
REQUERIMIENTO DE PERSONAL		
<ul style="list-style-type: none">• Ingeniero Civil Residente de obra• Topógrafo• Maestro de obra.• Chofer profesional• Operador de maquinaria pesada• Albañil• Peón• Cadenero		
IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO / ESPACIO FÍSICO CONSTRUCCIÓN		
Espacio físico (m ²): 18900 [m ²]	Consumo de agua: Agua entubada	
Tipo de terreno: Montañoso / Escarpado	Consumo de energía eléctrica: Red pública	
Telefonía: Celular	Acceso vehicular: Vías de segundo y tercer orden.	
Facilidades de transporte: Se muestra que los sectores analizados cuentan con el servicio de transporte urbano y camionetas para su traslado.		
Observaciones: Los predios en los cuales se realizará la intervención del proyecto vial, son terrenos privados.		

Fuente: Paola Cepeda, 2019

8.3 Marco legal referencial

En la república del Ecuador existe un amplio marco jurídico ambiental en el que se desarrollará el presente proyecto vial constituido por una serie de normas y reglamentos a ejecutarse, a continuación se enumerará la legislación ambiental relacionada directamente al mismo:

Tabla 149 Marco Legal Ambiental

Marco legal
Constitución de la República del Ecuador - Publicado en el Registro Oficial N° 449 del 20 de octubre de 2008. Art.14, 15, 66, 71, 86, 87, 88, 89, 91, 397.
Ley de Gestión Ambiental - Publicada en el Registro Oficial Suplemento # 418, del 10 de septiembre del 2004. Art. 12, 19, 20, 21.
Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental - R.O. Suplemento 418 del 10-septiembre-2004. Art. 1, 6, 10.
Ley de Caminos - Publicado en el Decreto Supremo 1351, Registro Oficial N° 285 del 7 de Julio de 1964.
Ley Orgánica de Salud - Publicado en la Ley 67, Registro Oficial Suplemento N° 423 del 22 de diciembre de 2006. Art. 15,16, 95.
Código del Trabajo- Publicado en la Codificación 17, Registro Oficial Suplemento N° 167 del 16 de Diciembre del 2005, Art. 42.
Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. Decreto 2393 R.O. No. 249 del 03 de Febrero de 1998, Art. 11, 164.
Código Penal - Publicado en el Registro Oficial, Suplemento N° 147, del 22 de Enero de 1971. Desde el año 2000 se incluye los “Delitos contra el Medio Ambiente”. Contiene hasta la reforma del 18 de marzo del 2011, Actualizado a junio 2011.

Fuente: Paola Cepeda, 2019

8.4 Descripción del proyecto

La vía “Mulligua – San Juan Siles” se encuentra localizado en la provincia de Cotopaxi, cantón Pangua, Parroquia El Corazón, comprende el proyecto vial que inicia en el sector de Mulligua hasta el sector San Juan Siles, con una distancia de 2+843 kilómetros. En la actualidad la vía tiene un ancho promedio de 4.50 metros, además la capa de rodadura se encuentra a nivel de subrasante, que se encuentra deteriorado por el paso del tiempo y condiciones climáticas adversas, no cuenta con un sistema de drenaje natural.

El trabajo de mejoramiento vial consistirá en la ampliación del proyecto de los 4.50 metros, a 7.40 metros que propone el actual proyecto, además la colocación de la estructura asfáltica y construcción de obras de arte menor.

La obra básica terminada tendrá un ancho total de 7.40 metros, de los cuales 6.00 metros corresponde a la estructura de pavimento de la vía y los 1.40 metros restantes corresponderá a la construcción de obras de arte menor es decir cunetas y alcantarillas, el sistema de drenaje superficial constará de alcantarillas metálicas y un ducto cajón de hormigón armado, cuyo objetivo es garantizar la vida útil de la estructura, rigiéndose así a la normativa del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, además con su cuenta con la respectiva señalización tanto horizontal como vertical.

Es importante señalar que el material pétreo que se utilizará para el mejoramiento vial será extraído del catón Ventanas, provincia de los Ríos, el mismo que de ser necesario previo a la ejecución del proyecto deberá tramitarse el libre aprovechamiento el área minera en la Mina La Ercilla.

8.5 Descripción del proceso

La siguiente tabla resume la descripción del proceso de construcción con cada impacto ambiental existente:

Tabla 150 Descripción Del Proceso De Construcción Y Los Impactos Potenciales

INTERACCIÓN EN EL PROCESO		
MATERIALES, INSUMOS, EQUIPOS	PROCESO	IMPACTOS POTENCIALES
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN		
Volquetas para movimiento de tierras y Pala Cargadora	Ampliación y rectificación de curvas de la vía en el trazado	<ul style="list-style-type: none"> - Afectación en la calidad del aire y suelo. - Riesgos de accidentes laborales. - Alteración del paisaje. - Mejor calidad de vida.
Volquetas para transporte de material y Pala Cargadora	Relleno y nivelación del Diseño vertical	<ul style="list-style-type: none"> - Afectación en la calidad del aire y suelo. - Riesgos de accidentes laborales. - Alteración del paisaje. - Mejor calidad de vida.

Equipo caminero (motoniveladora, rodillo compactador y tanquero)	Compactación de la subrasante	<ul style="list-style-type: none"> - Afectación en la calidad del aire y suelo. - Riesgos de accidentes laborales. - Mejor calidad de vida.
Volquetas, Pala cargadora para el transporte de material (base), motoniveladora y tanquero.	Tendido, compactación y humedecimiento de la base	<ul style="list-style-type: none"> - Afectación en la calidad del aire y suelo. - Riesgos de accidentes laborales. - Mejor calidad de vida.
Distribuidora de asfalto y asfaltadora	Tendido y compactación de asfalto	<ul style="list-style-type: none"> - Afectación de la calidad del aire. - Riesgos de accidentes laborales. - Mejoramiento de la calidad de vida.
Herramientas menores (picos, palas, azadones y carretillas)	Construcción de obras de arte menor (cunetas y alcantarillas)	<ul style="list-style-type: none"> - Afectación de la calidad del suelo. - Riesgos de accidentes laborales. - Mejor calidad de vida.
Señalética de obra	Colocación de señalización provisional	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgos de accidentes laborales.
ETAPA DE OPERACIÓN, ABANDONO Y MANTENIMIENTO		
Señalética	Colocación de señalización informativa	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgos de accidentes laborales. - Mejoramiento del paisaje.
Herramientas menores (picos, palas, azadones y carretillas) y señalética	Limpieza general del área del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> - Afectación de la calidad del aire. - Mejoramiento del paisaje.

Fuente: Paola Cepeda, 2019

8.6 Descripción del área de implantación

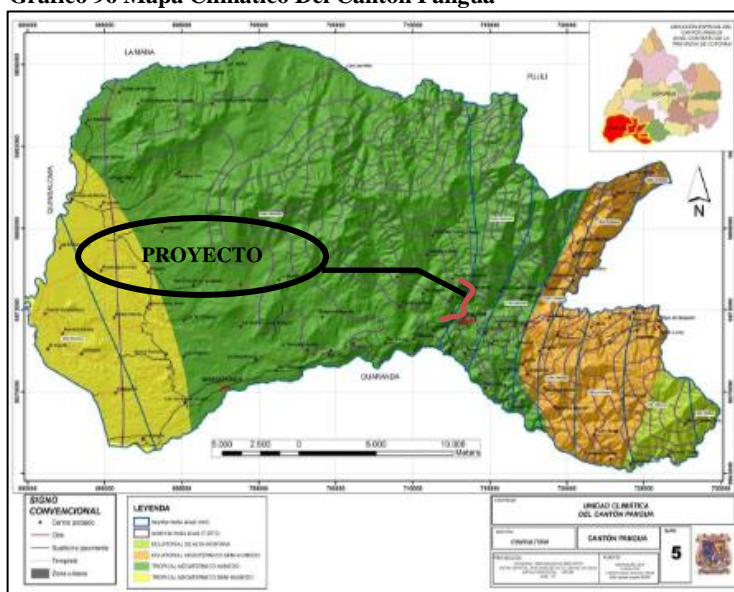
8.6.1 Área de implantación física

El proyecto se implantará en el cantón Pangua entre el poblado de Mulligua y San Juan Siles se caracteriza por tener zonas climáticas bien definidas: Ecuador Mesotérmico Semi Húmedo y Ecuatorial de Alta Montaña, con precipitaciones anuales que van desde los 1000 mm a los 3500 mm, y con una temperatura promedio de 15 a 20 °C. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pangua, 2018)

En la zona de afectación del proyecto el clima tropical es una ventaja competitiva para el desarrollo de diferente tipo de cultivos, especialmente frutales.

El área de implantación del proyecto corresponde a 18900 metros cuadrados, tomando en cuenta la faja vial con el diseño horizontal y vertical realizado, se encuentra a una altitud que va desde los 1320.470 hasta los 1555.410 metros sobre el nivel del mar.

Gráfico 96 Mapa Climático Del Cantón Pangua



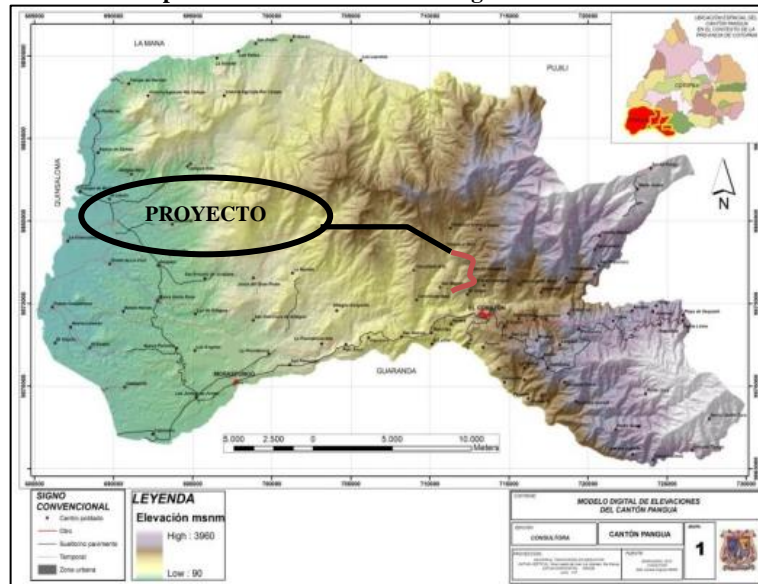
Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pangua, 2018

8.6.2 Relieve del área de implantación

El área de implantación del proyecto, se caracteriza por presentar dos grandes unidades geológicas claramente diferenciadas por su material parental y relieve: En la parte oriental afloran materiales volcánicos, relacionados con el levantamiento de la Cordillera de Los Andes; estos materiales muy antiguos forman relieves heterogéneos con profundos drenajes cuyos ríos fluyen hacia el oeste y en la parte occidental se hallan materiales de constituidos por rocas basálticas con lavas almohadillas que forman relieves un poco más homogéneos y un poco bajos. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pangua, 2018).

El proyecto, tiene un relieve muy irregular, con pendientes muy altas que dan como resultado un terreno escarpado, la elevación oscila entre los 1316 y 1583 metros sobre el nivel del mar.

Gráfico 97 Mapa De Relieve Del Cantón Pangua



Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pangua, 2018

Geología

En el proyecto vial principalmente se encuentra dos formaciones geológicas, estas son:

- Formación de Macuchi (Km).- Perteneciente al periodo Cretáceo y parte del terciario de la era Cretácea hasta parte de la Eocena, se caracteriza por estar compuestas de rocas volcánicas gruesas (vc), areniscas volcánicas (av), limolita volcánica (li), lava indiferenciada (iv) y lava de almohadilla, este tipo de rocas son volumétricas de gran importancia y están internamente estratificadas y frecuentemente graduadas. Con su mayor característica que es su relieve montañoso a escarpado con laderas con pendientes fuertes, cimas agudas y un drenaje dendrítico. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pangua, 2018).

- Afloramientos de rocas graníticas indiferenciadas aplitas (j), granodiorita (gd), tonalita (gt) y cuarzo – diorita (qid), no contienen ningún tipo de periodo ni era geológica, sin embargo esta formación se caracterizan por presentar un relieve colinado bajo poco disectado, hallándose pequeñas áreas con baja pendiente. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pangua, 2018).

8.6.3 Geomorfología en el área de implantación del estudio

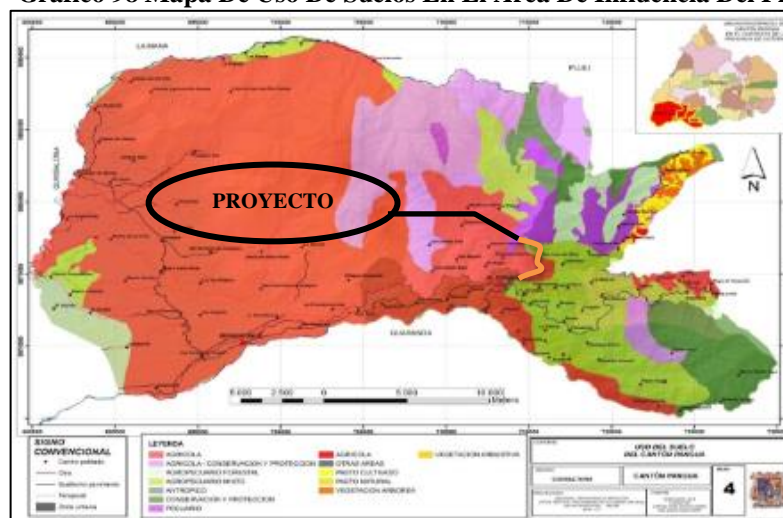
Geomorfológicamente el proyecto se caracteriza por la presencia terrazas aluviales, conos de deyección y esparcimiento; coluvión, coluvio aluviales y relieves montañosos a escarpados, en el Gran Paisaje denominado Región Andina, comprende geográficamente la mayor parte de la Cordillera de los Andes, la que se presenta alargada en sentido norte–sur. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pangua, 2018).

8.6.4 Uso del suelo en el área de estudio

El uso del suelo en el proyecto por razón de las limitaciones físico – biológicas está claramente determinado.

La mayoría corresponde al bosque y montañas naturales 26.16% con alto valor ecológico, los pastos cultivados y la arboricultura tropical con el 29.38%; los cultivos permanentes aproximadamente el 28.91 %, entro otra clases de cultivos son los transitorios con el 2.89% y el barbecho con 2.82%. Destacándose la arboricultura como uno de los principales ejes de explotación económica de los ciudadanos. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pangua, 2018)

Gráfico 98 Mapa De Uso De Suelos En El Área De Influencia Del Proyecto



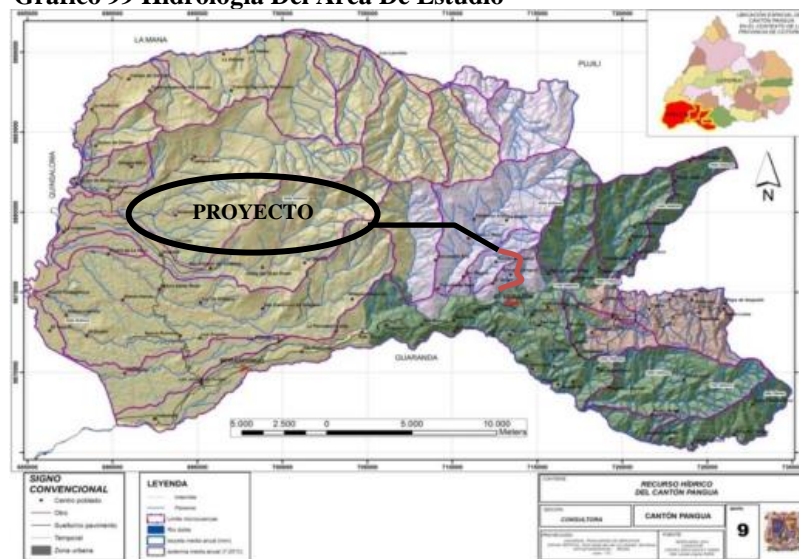
Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pangua, 2018

8.6.5 Hidrología en el área de influencia del proyecto

El proyecto vial se encuentra dentro de una cuenca de las cinco cuencas hidrográficas, del río Angamarca que atraviesa al cantón de este a oeste por la parte sur hasta la confluencia con el río Piñanatug. Recibe las aguas del río San Francisco, de la quebrada Yacubiana, quebrada Ashagua, río Yanayacu y sus afluentes y del río La Pinta.

Encierra toda la parroquia Pinllopata, las tres cuartas partes del poblado de Mulligua (la parte norte y el centro), el 90% del poblado San Juan Siles a lo largo del río hasta su desembocadura en el Piñanatug, atravesando la parroquia de El corazón. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pangua, 2018).

Gráfico 99 Hidrología Del Área De Estudio



Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pangua, 2018

8.6.6 Área de implantación biótica

8.6.6.1 Fauna

Con respecto a la fauna que se encuentra en el área de influencia del proyecto, se han identificado 20 especies principales. Entre las de mayor tamaño están los venados, pumas, osos, tigrillos y de menor tamaño puercos sahinos, armadillos, guantas, guatusas. Entre las aves se encuentran loros, torcazas, palomas, gallos de monte, pavas de monte, gavilanes, y otros. Además se puede encontrar gran cantidad de insectos, como los tierreros, trozadores, cogolleros, chinche verde, barrenadores y otros. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pangua, 2018)

8.6.6.2 Flora

En el área de implantación del proyecto, en lugares de difícil acceso se encuentra más de 50 especies forestales como aliso, clavelín, arrayán, canelo y otras. En la parte final del proyecto, la vegetación arbórea es escasa por lo que predomina la arbustiva. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pangua, 2018)

8.7 Área de implantación social

8.7.1 Población

El cantón Pangua, de acuerdo al censo de población y vivienda del INEC 2010 tiene 21.965 habitantes distribuidos en 7% en el Sector Urbano y 73% en el sector rural. Según las proyecciones del INEC la población del cantón Pangua para el año 2014 es de 23.642 habitantes. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pangua, 2018)

En el censo de población del año 2010, se obtuvo que en la población de Mulligua habitan 6565 personas; de las cuales el 50.24% son mujeres y el 49.76% de la población son hombres.

8.7.2 Infraestructura social

8.7.2.1 Agua Potable

Solo el área urbana de El Corazón cuenta con servicio de agua potable mediante red pública, mientras que la población de Mulligua cuenta con un sistema similar de abastecimiento y distribución por lo cual la comunidad manifiesta que la calidad del agua potable no es de buena, que el tratamiento debería ser mejorado.

La conexión de acceso al agua sin tratamiento a hogares se resume en la siguiente tabla:

Tabla 151 Acceso De Agua A Los Hogares En La Cantón Pangua

Parroquia	Por tubería dentro de la vivienda	Por tubería fuera de la vivienda pero dentro del edificio lote o terreno	Por tubería fuera del edificio, lote o terreno	No recibe agua por tubería sino por otros medios	Total
San Juan Siles	38	121	98	213	470
Mulligua	524	534	168	437	1663

Fuente: Censo De Población Y Vivienda, 2010

La conexión de acceso con agua tratada a hogares se resume en la siguiente tabla:

Tabla 152 Conexión Con Agua Tratada A Hogares En El Cantón Pangua

Parroquia	# Hogares que tratan el agua	Total hogares	Porcentaje	Déficit
San Juan Siles	666	940	70.85	274
Mulligua	951	1663	57.19	712

Fuente: Censo De Población Y Vivienda, 2010

8.7.2.2 Alcantarillado

El sistema de alcantarillado brinda su servicio y sus descargas se realizan sin tratamiento alguno hacia una quebrada que luego desemboca en el río Angamarca.

Este sistema de alcantarillado tiene una cobertura estimada de un 26% de la población urbana, mientras que la ciudad de San Juan Siles solo alcanza una cobertura del servicio del 10%.

8.7.2.3 Los Residuos sólidos

En el área de influencia del proyecto el botadero de basura más cercano está ubicado en la parroquia Moraspungo a una distancia de 1,5 Km del proyecto, la basura no se la cubre y en época de invierno los desechos son arrastrados por el agua del estero. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pangua, 2018)

8.8 Principales impactos ambientales

Tabla 153 Principales Impactos Ambientales En El Proyecto Vial

PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES EN EL PROYECTO VIAL			
Actividad	Impacto Ambiental	Positivo / Negativo	Etapas en el Proyecto
La remoción de cobertura vegetal.	Afectación a la calidad del suelo.	Negativo	Construcción, operación, abandono y mantenimiento
Generación de los desechos sólidos.			
Cambio de uso de suelo.	Alteración del paisaje.	Negativo	Construcción, operación y Abandono
Generación de emisiones gaseosas	Afectación a la calidad del aire.	Negativo	Construcción, Operación y Abandono
Generación de material articulado.			
Generación de ruido y vibraciones.			
Riesgo de accidentes laborales.	Afectación a la salud.	Negativo	Construcción, operación, abandono y mantenimiento
Generación de empleos temporales	Mejoramiento de la calidad de vida.	Positivo	Construcción y mantenimiento
Mejorar la calidad de vida	Tránsito seguro y con mayor rapidez	Positivo	Construcción, operación, abandono y mantenimiento

Fuente: Paola Cepeda, 2019

8.9 Plan de manejo ambiental

8.9.1 Plan de prevención y mitigación de impacto

Tabla 154 Programa De Prevención Y Mitigación Del Impacto Ambiental

PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL					
OBJETIVO: Conservar y proteger de las diferentes actividades del proyecto durante las fases de construcción, operación y abandono, el entorno natural que podría ser afectado.					1
LUGAR DE APLICACIÓN: Vía “Mulligua-San Juan Siles”					
Aspecto Ambiental	Impacto identificado	Medidas propuestas	Indicadores	Medio de Verificación	Plazo (meses)
Generación de material triturado	Afectación a la calidad del aire	Se utilizará para el transporte de materiales de construcción en los baldes de las volquetas deben estar debidamente cubiertas con carpas o lonas.	(# de lonas utilizadas/# de lonas Adquiridas) *100	Registro fotográfico. Registro de irrigación de agua.	6 meses
		Se debe mantener el grado de humedad adecuado en la vía estudiada para afectar lo menos posible a la salud de los trabajadores y población cercana al proyecto, para lo cual se debe realizar el humedecimiento correspondiente dos veces al día.	(# de irrigaciones de agua diarias/ # de veces de irrigación programadas)*100		
Generación de emisiones gaseosas	Afectación a la calidad del aire, debido a la emanación de gases (COx, NOx)	Se realizará el mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria por tres ocasiones durante la ejecución del proyecto.	(# de mantenimientos realizados /# de mantenimientos programados)*100.	Registro de mantenimiento.	6meses

Generación de ruido y vibraciones	Afectación a la salud de los trabajadores	Dotar del Equipo de Protección Individual (EPI) por dos ocasiones a todo el personal (20 trabajadores) inmerso en la ejecución del proyecto.	(# de EPI entregados /# de EPI programados)*100.	Registro de entrega recepción del EPI. Registro fotográfico.	6 meses
		Se deberá dar mantenimiento periódico a los equipos mecánicos y de ser necesario se colocará silenciadores en los mismos.	(# de mantenimientos realizados /# de mantenimientos programados)*100.	Registro de mantenimiento.	6 meses
Riesgo de accidentes laborales		Capacitar a los trabajadores en el manejo adecuado de maquinaria, equipos y herramientas, esta actividad se la realizará por una ocasión al inicio de la ejecución del proyecto.	(# de capacitaciones impartidas/# de capacitaciones programadas)*100.	Registro de asistencia	Inicio del proyecto

Fuente: Paola Cepeda, 2019

8.9.2 Plan de manejo de desechos

Tabla 155 Programa De Manejo De Desechos Sólidos

PROGRAMA DE MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS					
OBJETIVOS:					2
<ul style="list-style-type: none">• Se debe cumplir con las regulaciones ambientales vigentes.• Eliminar o minimizar los impactos generados por los desechos sólidos en el ambiente y la salud de la población.<ul style="list-style-type: none">• Disponer adecuadamente los desechos sólidos.					
LUGAR DE APLICACIÓN: Vía “Mulligua-San Juan Siles”					
Aspecto Ambiental	Impacto identificado	Medidas propuestas	Indicadores	Medio de Verificación	Plazo (meses)
Remoción de cobertura vegetal	Afectación a la calidad del suelo.	La masa de tierra producto del corte de la vía será utilizada para rellenos en la misma vía y el material de excavación sobrante será colocado en sitios que los beneficiarios proporcionen los cuales deben contar con la debida autorización de los propietarios de los predios sin que esto cauce daños al ambiente o a su vez en la escombrera autorizada.	Tierra de desalojo nivelada	Registro fotográfico.	5 meses
	Contaminación atmosférica (generación de polvo)				
Generación de desechos sólidos	Afectación de la calidad del suelo	Ubicación de sacos de yute en el área del proyecto, para la recolección de los desechos generados por la alimentación de los trabajadores.	(# de sacos ubicados en el área del proyecto (faja vial)/#de sacos adquiridos)*100.	Registro fotográfico.	6 meses

Fuente: Paola Cepeda, 2019

8.9.3 Plan de comunicación, capacitación y educación ambiental

Tabla 156 Programa De Comunicación, Capacitación Y Educación Ambiental

PROGRAMA DE COMUNICACIÓN, CAPACITACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL					
OBJETIVOS: Se debe garantizar que todo el personal reciba la capacitación necesaria en temas ambientales fundamentales y además lograr sensibilidad ambiental.					3
LUGAR DE APLICACIÓN: Vía “Mulligua-San Juan Siles”					
Aspecto Ambiental	Impacto identificado	Medidas propuestas	Indicadores	Medio de Verificación	Plazo (meses)
Capacitación	Desconocimiento ambiental	<p>Existirán dos capacitaciones a todos los trabajadores, una al inicio y otra al intermedio de la ejecución del proyecto, en los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none">- Difusión del marco legal y del Plan de Manejo propuesto de modo que los beneficiarios se involucren en el desarrollo y ejecución del proyecto.- Responsabilidades básicas que debe contemplar todo el personal en la ejecución del proyecto e interrelaciones con la comunidad.- Fortalecer la unión y dinamismo del grupo humano laboral, a través de métodos de motivación ocupacional y reconocimiento de logros conseguidos en sus funciones, estimulando el cuidado mutuo en actividades inherentes al proceso constructivo.<ul style="list-style-type: none">- Controlar el manejo de desechos sólidos.- Implementar las normas de higiene, seguridad y salud ocupacional<ul style="list-style-type: none">- Implementar el manejo de equipo de protección personal	(# de capacitaciones impartidas/# de capacitaciones Programadas)*100	<p>Registro de asistencia.</p> <p>Registro fotográfico.</p>	6 meses

Fuente: Paola Cepeda, 2019

8.9.4 Plan de relaciones comunitaria

Tabla 157 Programa De Relaciones Comunitarias En El Actual Proyecto

PROGRAMA DE RELACIONES COMUNITARIAS					
OBJETIVOS: <ul style="list-style-type: none">• Generar consensos básicos de conocimiento y apoyo a la ejecución del proyecto vial.• Dar a conocer a los beneficiarios del proyecto sobre las actividades a realizarse en la obra vial, y sus beneficios, con el propósito de mantener una disposición aceptable de las comunidades al sistema y sobre todo su colaboración.					4
LUGAR DE APLICACIÓN: Vía “Mulligua-San Juan Siles”					
Aspecto Ambiental	Impacto identificado	Medidas propuestas	Indicadores	Medio de Verificación	Plazo (meses)
Información sobre temas ambientales	Desconocimiento de las medidas ambientales a adoptarse en el actual proyecto.	<ul style="list-style-type: none">- Se dará a conocer las características técnicas del proyecto vial y los beneficios del mismo.- Se informará a las comunidades beneficiarias sobre las características de las obras, las diferentes actividades que se realizarán y los impactos negativos y positivos que se generan con la construcción del proyecto vial.- Advertir a la población cercana sobre los riesgos, peligros y precauciones que se deben tomar en el área de trabajo durante la ejecución de la obra.- Lograr la aceptación de la población cercana sobre la importancia de ejecución del proyecto y del apoyo en el mantenimiento de la vía.	(Socialización del PMA realizado/socialización programada)*100	Actas de aceptación. Registro fotográfico.	Previo a la ejecución del proyecto

Fuente: Paola Cepeda, 2019

8.9.5 Plan de rehabilitación

Tabla 158 Programa De Rehabilitación De Áreas Afectadas En El Actual Proyecto

PROGRAMA DE REHABILITACIÓN					
OBJETIVO: Rehabilitar las áreas que sufran un impacto ambiental significativo por las diferentes actividades que se realizarán durante la ejecución del proyecto.					5
LUGAR DE APLICACIÓN: Vía “Mulligua-San Juan Siles”					
Aspecto Ambiental	Impacto identificado	Medidas propuestas	Indicadores	Medio de Verificación	Plazo (meses)
Pérdida de la cobertura vegetal	Mejoramiento de la calidad del suelo e impacto visual	<ul style="list-style-type: none">- En el abandono del proyecto se deberá sembrar especies nativas en la zona- Antes de sembrar los árboles nativos en las áreas intervenidas de la vía, el terreno deberá estar libre de maleza, escombros u otros desechos que impiden plantar los árboles.- El sembrío se realizará con herramienta menor como pico, azadón, pala o barra.- Los hoyos de plantación deberán tener dimensiones de 30 x30 [cm] o 40x40 [cm] o dependiendo de los requerimientos de la especie.	(# de árboles plantados/# de árboles proyectados)*100.	Registro fotográfico.	1 mes

Fuente: Paola Cepeda, 2019

8.9.6 Plan de cierre, abandono y entrega del área

Tabla 159 Programa De Cierre, Abandono Y Entrega Del Área De Implantación Del Proyecto

PROGRAMA DE CIERRE, ABANDONO Y ENTREGA					
OBJETIVOS: Restablecer en la medida de lo posible las condiciones diagnosticadas en la línea base del área de implantación.					6
LUGAR DE APLICACIÓN: Vía “Mulligua-San Juan Siles”					
Aspecto Ambiental	Impacto identificado	Medidas propuestas	Indicadores	Medio de Verificación	Plazo (meses)
Generación de desechos sólidos.	Contaminación visual.	Luego de culminados los trabajos de construcción, se procederá al retiro de maquinaria, herramientas, equipos y señalética de obra, también se realizará una limpieza general en el área del proyecto, dejando así la vía libre de obstáculos para ser utilizada.	Área del proyecto (vía construida) limpia y libre de obstáculos	Registro fotográfico	Etapa de abandono del proyecto.
	Alteración del paisaje				

Fuente: Paola Cepeda, 2019

8.10 Matriz De Leopold

La matriz de Leopold es un método que se estableció para las evaluaciones de impacto ambiental, este sistema está basado en una matriz en que las entradas en las columnas son acciones que pueden alterar el medio ambiente por acción del hombre y las entradas en las filas factores ambientales que pueden ser alteradas, creando interacciones existentes.

Magnitud (M).- Según un número de 1 a 10, en el que 10 corresponde a la alteración máxima provocada en el factor ambiental considerando y 1 a la mínima. (COTÁN Santiago., 2007). A continuación se muestra la formula necesaria para encontrar la magnitud:

$$M = a * i + b * E + c * D \quad \text{Ec. 51}$$

Dónde:

M = Magnitud del Impacto ambiental

E = Extensión

D = Duración

i = Intensidad

a, b, c = Pesos de cada variable de evaluación vial

a = 0.40, b = 0.35, c = 0.25

Importancia (I).- que da el peso relativo que el factor ambiental considerado tiene dentro del proyecto, o la posibilidad de que se presenten alteraciones. (COTÁN Santiago., 2007). La siguiente ecuación describe como encontrar la importancia:

$$I = 3 * i + 2 * E + D + R + Ri \quad \text{Ec. 52}$$

Dónde:

R = Reversibilidad

Ri = Riesgo

P = Probabilidad

E = Extensión

D = Duración

i = Intensidad

A continuación la tabla indica los valores de los parámetros necesarios en la ecuación de la importancia y magnitud para posteriormente calificar en la magnitud de impacto ambiental que tenga el proyecto.

Tabla 160 Valores De Riesgo De Impacto Ambiental

Variable	Símbolo	Carácter	V. Asignado
INTENSIDAD	i	Alta	3
		Moderada	2
		Baja	1
EXTENSIÓN	E	Regional	3
		Local	2
		Puntual	1
DURACIÓN	D	Permanente	3
		Temporal	2
		Periódica	1
REVERSIBILIDAD	R	Irreversible	3
		Recuperable	2
		Reversible	1
PROBABILIDAD	P	Alto	3
		Medio	2
		Bajo	1
RIESGO	Ri	Alto	3
		Medio	2
		Bajo	1

Fuente: evaluación de impacto ambiental de proyectos de desarrollo, 2014

Con estos valores se calificará las acciones ambientales a tomar en consideración durante la ejecución del proyecto, mediante la siguiente tabla se procede con el cálculo de la importancia y magnitud para su evaluación

TABLA 161 Calificación de los Impactos Ambientales

Acciones Causantes De Posibles Impactos Ambientales	I	E	D	R	P	Ri	M	I
Remoción de cobertura vegetal	1	1	2	1	3	2	1	10
Manejo Mantenimiento Equipos y Maquinaria	1	1	2	1	1	1	1	9
Manejo de polvo y Transporte de Materiales	2	1	2	1	2	2	2	13
Prevención de contaminación en Agua y Suelo	2	1	2	1	2	2	2	13
Manejo de desechos Sólidos y Líquidos	3	2	2	1	2	2	2	18
Capacitación y Educación a Técnicos, Trabajadores y Comunidad	2	1	2	1	2	1	2	12
Relaciones comunitarias	2	1	2	1	1	1	2	12
Rehabilitación Áreas Afectadas	2	1	2	1	2	2	2	13
Abandono y Cierre	2	1	2	1	1	2	2	13

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Luego de la calificación de cada uno de los factores que se analizaron en la tabla anterior se obtuvo en la valoración de impacto un nivel bajo y medio.

Tabla 162 Rangos De Comparación Para Niveles De Magnitud E Importancia

Importancia	Magnitud	Valoración Del Impacto
9 - 14	1.00 - 1.6	Bajo
15 - 22	1.7 - 2.30	Medio
23 - 27	2.4 - 3.00	Alto

Fuente: evaluación de impacto ambiental de proyectos de desarrollo, 2014

Tabla 163 Matriz De Leopold Para El Actual Proyecto Vial

ACCIONES CAUSANTES DE POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES FACTORES AMBIENTALES		PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL				DESECHOS SÓLIDOS	EDUCACIÓN AMBIENTAL	RELACIONES COMUNITARIAS	MONITOREO Y SEGUIMIENTO		REHABILITACIÓN DE ÁREAS AFECTADAS	CIERRE, ABANDONO Y ENTREGA DEL ÁREA
		Generación de materia triturado	Generación de emisiones gaseosas	Generación de ruido y vibraciones	Riesgo de accidentes laborales	Programa de Manejo de Desechos Sólidos y Líquidos	Programa de Capacitación y Educación a Técnicos Trabajadores y Comunidad	Programa de Relaciones Comunitarias	Programa de Seguimiento	Programa de Monitoreo	Programa de Rehabilitación	Programa de Abandono y Cierre
MEDIO FÍSICO	CLIMA		1 1			-2 1					-2 2	1 1
	AIRE		-2 2	-1 1		-1 1	1 3	-1 1		-1 1	1 3	2 2
	AGUA		1 1	-1 1		1 1		-1 1	-1 3	-2 2	2 2	3 1
	SUELO	-1 1	-1 1	1 1		3 2	1 3	-2 2				-2 1
MEDIO BIÓTICO	FAUNA	-1 1	-1 1	-2 1		-2 2					1 1	-3 1
	FLORA	-2 1	-1 2	-2 1		-2 2	1 3	-2 2			1 1	-3 1
MEDIO HUMANO	USO DEL SUELO	-1 1	1 1	1 1		-3 1						-2 2
	DEMOGRAFÍA						2 1	-2 2				3 1
	VIALIDAD			-2 2	-3 1	1 1	2 1	1 2	-1 1	-1 1	-2 2	2 1
EVALUACIONES		-5 4	-2 9	-6 8	-3 1	-5 11	7 11	-7 9	-2 4	-6 4	1 11	3 11

Fuente: Paola Cepeda, 2019

8.11 Cronograma valorado de plan de manejo ambiental

Tabla 164 Cronograma Resultante Del Plan De Manejo Ambiental

Cronograma Valorado Del Plan De Manejo Ambiental											
Programa	Meses										Presupuesto
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Plan De Prevención Y Mitigación De Impactos Programa De Mitigación Y Prevención											2.500
Plan De Manejo De Desechos Sólidos Programa De Manejo De Desechos Sólidos											Dentro de los costos indirectos del proyecto
Plan De Comunicación, Capacitación Y Educación Ambiental Programa De Comunicación, Capacitación Y Educación Ambiental											1.500
Plan De Relaciones Comunitarias Programa De Relaciones Comunitarias											Dentro de los costos indirectos del proyecto
Plan De Rehabilitación Programa De Rehabilitación											Dentro de los costos indirectos del proyecto
Plan De Cierre, Abandono Y Entrega Del Área Programa De Cierre, Abandono											3.000
TOTAL: SEIS MIL DOLARES										TOTAL	6.000

Fuente: Paola Cepeda, 2019

CAPITULO IX

9 Análisis Económico Financiero

Tiene como finalidad identificar si la propuesta establecida de diseño es la más conveniente desde la perspectiva técnico-económica. Para ello, se deberán identificar, medir y valorar costos y beneficios de cada alternativa y calcular indicadores de rentabilidad que permitan tomar la decisión más adecuada. (Ministerio de Desarrollo Social, 2013)

9.1 Determinación de los Beneficios

Los beneficios asociados a esta tipología de proyectos corresponden a ahorros de costo, tanto de tiempo de viaje de los usuarios de las vías, como del costo de operación y mantención de los vehículos que circulan por ellas. También pueden producirse cambios en el uso de combustible (en este caso, puede ser ahorro o mayor costo, dependiendo de los niveles de velocidad de las situaciones con y sin proyecto). (Ministerio de Desarrollo Social, 2013, p. 7). Estos beneficios se determinan a continuación:

9.1.1 Ahorro del Tiempo de viaje

Al tener un camino más amplio, las personas de los poblados tanto de Mulligua como de San Juan de Siles tardarán un menor tiempo en trasladarse de un lugar a otro. La determinación del ahorro de tiempo se lo realiza mediante la siguiente ecuación; dando como resultado la diferencia en tiempo con y sin proyecto.

$$\text{Ahorro del tiempo} = T_{s/p} - T_{c/p} \quad \text{Ec. 53}$$

Dónde:

$T_{s/p}$ = Tiempo de viaje sin proyecto (horas/día)

$T_{c/p}$ = Tiempo de viaje con proyecto (horas/día)

A continuación se muestra el ahorro de tiempo a obtenerse en el proyecto

Tabla 165 Ahorro De Tiempo De Viaje

Parámetro	Antes Proyecto	Con El Proyecto
L. Proyecto (km)	3.5	2.85
Velocidad Circulación (km/h)	10.0	22.5
Tiempo (min)	21.0	8.0
Ahorro Tiempo (min)	13 min	

Fuente: Paola Cepeda, 2019

9.1.2 Ahorros Costo de Operación Vehicular

Al mejorar la calidad de la carpeta de rodadura de la vía, se producen una mejora en el rendimiento de lubricantes, aumenta la vida útil de los neumáticos y del vehículo mismo. (Ministerio de Desarrollo Social, 2013, p. 8).

- **Consumo de Combustible.-** Para la fecha de evaluación del proyecto (Abril 2019) se considera el precio de combustible de la gasolina extra de \$ 1.85, gasolina súper de \$ 3.10 y Diesel de \$ 1.037; además se tomara en cuenta que los vehículos livianos tendrán un uso por galón de 40 km y pesados de 30km, existiendo un ahorro en uso de combustible de \$2 512.68 (A-B) tal como se indica a continuación:

Tabla 166 Consumo Combustible Antes Del Proyecto

Tipo Vehículo	L. Vía	Galones Por Kilómetro	Tipo Combusti.	No De Viajes	Costo Anual	TPDA	Total Costo Combusti.
	km						
Livianos	3.50	0.071	Extra	2	\$ 94.54	88	\$ 8319.08
Bus Intermedio 2DA	3.50	0.095	Diesel	2	\$ 88.32	32	\$ 2826.17
Buseta 2DB	3.50	0.095	Diesel	2	\$ 88.32	27	\$ 2384.58
Total Uso Combustible antes (A)							13 529.83

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 167 Consumo Combustible Después Del Proyecto

Tipo Vehículo	L. Vía	Galones Por Kilómetro	Tipo Combusti.	No De Viajes	Costo Anual	TPDA	Total Costo Combusti.
	km						
Livianos	2.85	0.071	Extra	2	\$ 76.98	88	\$ 6774.11
Bus Intermedio 2DA	2.85	0.095	Diesel	2	\$ 71.92	32	\$ 2301.31
Buseta 2DB	2.85	0.095	Diesel	2	\$ 71.92	27	\$ 1941.73
Total Uso Combustible antes (B)							11017.15

Fuente: Paola Cepeda, 2019

- **Cambio de Lubricantes.-** Este parámetro será determinado bajo la siguiente premisa: se realizara un cambio de aceite para todos los vehículos cada 5000 km y cuyo valor para vehículos livianos será de \$50.00 y para el resto de vehículos de \$ 70.00.

Existiendo un ahorro en uso de lubricantes de \$809.50 (A-B) tal como se indica a continuación:

Tabla 168 Consumo Lubricantes Antes Del Proyecto

Tipo Vehículo	L. Vía	Kilómetros Recorridos Anuales	No Cambios De Aceite	Costo Cambio De Aceite	Costo Anual	TPDA	Total Cambio Aceite
	km	km					
Livianos	3.5	2555	0.51	50	\$ 25.55	88	\$ 2248.40
Bus Intermedio 2DA	3.5	2555	0.51	70	\$ 35.77	32	\$ 1144.64
Buseta 2DB	3.5	2555	0.51	70	\$ 35.77	27	\$ 965.79
Total Uso Lubricantes antes (A)							\$4 358.83

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 169 Consumo Lubricantes Después Del Proyecto

Tipo Vehículo	L. Vía	Kilómetros Recorridos Anuales	No Cambios De Aceite	Costo Cambio De Aceite	Costo Anual	TPDA	Total Cambio Aceite
	km	km					
Livianos	2.85	2080.5	0.42	50	\$ 20.81	88	\$ 1830.84
Bus Intermedio 2DA	2.85	2080.5	0.42	70	\$ 29.13	32	\$ 932.06
Buseta 2DB	2.85	2080.5	0.42	70	\$ 29.13	27	\$ 786.43
Total Uso Lubricantes después (B)							\$3 549.33

Fuente: Paola Cepeda, 2019

- **Consumo de Neumáticos.-** Este parámetro será determinado bajo la siguiente premisa: se realizara un cambio de neumáticos para todos los vehículos cada 50000 km siendo para vehículos livianos de \$320.00 (4 neumáticos) y para pesados de \$600.00 (6 neumáticos).

Existiendo un ahorro en uso de neumáticos de \$2 380.09 (A-B) tal como se indica a continuación:

Tabla 170 Consumo Neumáticos Antes Del Proyecto

Tipo Vehículo	L. Vía	Kilómetros Recorridos Anuales	No Cambios	Costo Cambio	# Llantas	TPDA	Total Cambio Llantas
	km	km					
Livianos	3.5	2555	0.05	320	\$ 4.00	88	\$ 5755.90
Bus Intermedio 2DA	3.5	2555	0.05	320	\$ 4.00	32	\$ 2093.06
Buseta 2DB	3.5	2555	0.05	600	\$ 6.00	27	\$ 4966.92
Total Uso Neumáticos antes (A)							\$ 12815.88

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 171 Consumo Neumáticos Después Del Proyecto

Tipo Vehículo	L. Vía	Kilómetros Recorridos Anuales	No Cambios	Costo Cambio	# Llantas	TPDA	Total Cambio Llantas
	km	km					
Livianos	2.85	2080.5	0.04	320	\$ 4.00	88	\$ 4686.95
Bus Intermedio 2DA	2.85	2080.5	0.04	320	\$ 4.00	32	\$ 1704.35
Buseta 2DB	2.85	2080.5	0.04	600	\$ 6.00	27	\$ 4044.49
Total Uso Neumáticos después (B)							\$ 10435.79

Fuente: Paola Cepeda, 2019

- Consumo en Amortiguación.-** Actualmente el sistema de amortiguación es el más afectado dentro de los vehículos existentes, provocando que la vía en su estado actual se produzcan un cambio en este sistema cada 30 000 km y una vez construida la vía se estima que se alargue el tiempo de vida útil de este sistema a 80 000km. El costo aproximado de este sistema para vehículos livianos es de de \$ 120.00 y de \$ 200.00 para el resto. El análisis de este parámetro demuestra un ahorro en uso de amortiguadores de \$5 324.44 (A-B) tal como se indica a continuación:

Tabla 172 Consumo Amortiguación Antes Del Proyecto

Tipo Vehículo	L. Vía	Kilómetros Recorridos Anuales	No Cambios	Costo Cambio	# Amort.	TPDA	Total Amort.
	km	km					
Livianos	3.5	2555	0.09	120	\$ 4.00	88	\$ 3597.44
Bus Intermedio 2DA	3.5	2555	0.09	120	\$ 4.00	32	\$ 1308.16
Buseta 2DB	3.5	2555	0.09	200	\$ 6.00	27	\$ 2759.40
Total Uso Amortiguación antes (A)							\$ 7665.00

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 173 Consumo Amortiguación Después Del Proyecto

Tipo Vehículo	L. Vía	Kilómetros Recorridos Anuales	No Cambios	Costo Cambio	# Amort.	TPDA	Total Amort.
	km	km					
Livianos	2.85	2080.5	0.03	120	\$ 4.00	88	\$ 1098.50
Bus Intermedio 2DA	2.85	2080.5	0.03	120	\$ 4.00	32	\$ 399.46
Buseta 2DB	2.85	2080.5	0.03	200	\$ 6.00	27	\$ 842.60
Total Uso Amortiguación después (B)							\$ 2340.56

Fuente: Paola Cepeda, 2019

- **Consumo de Frenos.-** Este parámetro será determinado bajo la siguiente premisa: se realizara un cambio cada 50 000 km y cuyo valor se encuentra entre \$ 250.00 (livianos) y \$ 450.00 (pesados). El análisis de este parámetro demuestra un ahorro en uso de amortiguadores de \$400.00 (A-B) tal como se indica a continuación:

Tabla 174 Consumo Sistema De Frenos Antes Del Proyecto

Tipo Vehículo	L. Vía	Kilómetros Recorridos Anuales	No Cambios	Costo Cambio	# Sist. Frenos	TPDA	Total cambio Frenos
	km	km					
Livianos	3.5	2555	0.05	\$ 250.00	1.00	88	\$ 1124.20
Bus Intermedio 2DA	3.5	2555	0.05	\$ 250.00	1.00	32	\$ 408.80
Buseta 2DB	3.5	2555	0.05	\$ 450.00	1.00	27	\$ 620.87
Total Uso Sistema de frenos después (A)							\$ 2153.87

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 175 Consumo Sistema De Frenos Después Del Proyecto

Tipo Vehículo	L. Vía	Kilómetros Recorridos Anuales	No Cambios	Costo Cambio	# Sist. Frenos	TPDA	Total cambio Frenos
	km	km					
Livianos	2.85	2080.5	0.04	\$ 250.00	1.00	88	\$ 915.42
Bus Intermedio 2DA	2.85	2080.5	0.04	\$ 250.00	1.00	32	\$ 332.88
Buseta 2DB	2.85	2080.5	0.04	\$ 450.00	1.00	27	\$ 505.56
Total Uso Sistema de frenos después (B)							\$ 1753.87

Fuente: Paola Cepeda, 2019

9.1.3 Costos de Producción

La cadena productiva principal es la caña de variedad Cubana, cunchivina y nativas: la producción de 1 ha. se la comercializa en \$30 dólares, el litro de agua ardiente

vende a \$0,80. (PANGUA, 2018, p. 64), estimándose un valor de pérdida del 35% en la comercialización de estos productos. El análisis de este parámetro demuestra un costo de producción mayor de \$475.66 (B-A) tal como se indica a continuación:

Tabla 176 Costo De Producción Antes Del Proyecto

Área Producción de caña y Venta Aguardiente	Valor En Producción	Total Costo Producción
44.03 ha.	\$ 30.8	\$ 1356.183
Total costo de producción antes (B)		\$ 1356.18

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 177 Costo De Producción Después Del Proyecto

Área Producción De caña y Venta Aguardiente	Valor En Producción	Total Costo Producción
44.03 ha.	\$ 41.58	\$ 1830.847
Total costo de producción después (B)		\$ 1830.85

Fuente: Paola Cepeda, 2019

9.1.4 Transporte de productos

El traslado de productos es un factor importante dentro de la distribución de la producción generada; por lo que actualmente debido a las malas condiciones de la vía el valor flete se encuentra en un valor de \$ 20.00; y una vez construida la vía se estima que este valor pudiera bajar a \$ 15.00. . El análisis de este parámetro demuestra un ahorro de \$28 800.00 (B-A) tal como se indica a continuación:

Tabla 178 Costo Transporte De Productos Antes Del Proyecto

Tipo Vehículo	L. Vía	Flete semana	Flete Año	Valor Transporte	TPDA	Costo Total Transporte
	km					
Livianos	\$ 3.50	\$ 1.00	48.00	\$ 20.00	88	\$ 84480.00
Camión 2DA	\$ 3.50	\$ 1.00	48.00	\$ 20.00	32	\$ 30720.00
Total costo transporte de productos antes (A)						\$ 115200.00

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 179 Costo Transporte De Productos Después Del Proyecto

Tipo Vehículo	L. Vía	Flete Semana	Flete Año	Valor Transporte	TPDA	Costo Total Transporte
	km					
Livianos	\$ 2.85	\$ 1.00	48.00	\$ 15.00	88	\$ 63360.00
Camión 2DA	\$ 2.85	\$ 1.00	48.00	\$ 15.00	32	\$ 23040.00
Total costo transporte de productos después (B)						\$ 86400.00

Fuente: Paola Cepeda, 2019

9.1.5 Plusvalía

Acorde lo establecido el Plan de Desarrollo y ordenamiento Territorial del cantón Pangua establece que para la zona de estudio el valor de tierra por metro cuadrado para la zona de influencia directa es de \$10.00 y para zonas de influencia indirecta se establece un valor de \$6.00 por metro cuadrado. Una vez ejecutado el proyecto en estudio estos valores tendrán un alza, que de acuerdo al Proyecto de Ley Orgánica sobre el valor de las Tierras establece que para zonas rurales el incremento será de un 10%; estableciéndose así un valor de \$11.00 para zonas de influencia directa y \$7.000 para zonas de influencia indirecta.

A continuación se detalla el valor de plusvalía a obtenerse una vez construido el proyecto.

Tabla 180 Plusvalía De Tierra Antes Del Proyecto

Zona de influencia	Área (ha.)	Área (m2)	Costo	Total costo plusvalía
Directa	2.104	21040.458	\$ 10.00	\$ 210 404.58
Indirecta	41.93	419278.5941	\$ 8.00	\$ 3 354 228.75
Total Plusvalía después (A)				\$ 3 564 633.333

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 181 Plusvalía De Tierra Después Del Proyecto

Zona de influencia	Área (ha.)	Área (m2)	Costo	Total costo plusvalía
Directa	2.104	21040.458	\$ 13.00	\$ 273 525.95
Indirecta	41.93	419278.5941	\$ 10.40	\$ 4 360 497.38
Total Plusvalía después (B)				\$ 4 634 023.33

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Se obtiene un incremento de Plusvalía de (B-A) \$1 069 390.00.

Establecido todos los beneficios a obtenerse una vez ejecutado el proyecto, a continuación se resumen estos valores en el cual se establece un valor de \$481 020.43 durante el primer año de operación del proyecto.

Tabla 182 Beneficios Durante El Primer Año De Operación Del Proyecto

Costos Operación Vehicular	Antes Proyecto	Después Del Proyecto	Ahorro	Total Beneficios
Consumo Combustible	\$13 529.83	\$11 017.15	\$2 512.68	\$11 426.71
Consumo De Lubricantes	\$4 358.83	\$3 549.33	\$0 809.50	
Consumo De Neumáticos	\$12 815.88	\$10 435.79	\$2 380.09	
Consumo De Amortiguadores	\$7 665.00	\$2 340.56	\$5 324.44	
Consumo Frenos	\$2 153.87	\$1 753.86	\$ 400.00	
Traslado De Productos				
Traslado De Productos	\$115 200.00	\$86 400.00	\$28 800.00	\$28 800.00
Plusvalía				
Plusvalía De La Tierra	\$3564633.33	\$4 634 023.33	\$1 069 390.00	\$1 069 390.00
Producción				
Producción	\$1 356.18	\$1 830.85	\$ 474.66	\$ 474.66
TOTAL:				\$ 1 110 091.38

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 183 Obtención De Los Beneficios A Lo Largo De Los 20 Años

Años	Operación Vehicular	Transp. Producto	Producción.	Plusvalía	Total Beneficios
2019	\$ 11 426.71	\$ 28 800.00	\$ 00 474.66	\$ 1 069 390.00	\$ 1 110 091.38
2020	\$ 10 443.16	\$ 74 880.00	\$ 00 474.66		\$ 85 797.82
2021	\$ 10 791.35	\$ 29 914.56	\$ 00 474.66		\$ 41 180.58
2022	\$ 11 152.48	\$ 31 075.10	\$ 00 474.66		\$ 42 702.25
2023	\$ 11 505.75	\$ 81 120.00	\$ 00 474.66		\$ 93 100.42
2024	\$ 11 888.93	\$ 84 000.00	\$ 00 474.66		\$ 96 363.59
2025	\$ 12 361.46	\$ 35 040.00	\$ 00 474.66		\$ 47 876.13
2026	\$ 12 420.23	\$ 35 280.00	\$ 00 474.66		\$ 48 174.89
2027	\$ 12 892.76	\$ 36 720.00	\$ 00 474.66		\$ 50 087.42
2028	\$ 13 217.17	\$ 37 680.00	\$ 00 474.66		\$ 51 371.84
2029	\$ 13 600.35	\$ 39 120.00	\$ 00 474.66		\$ 53 195.01
2030	\$ 14 072.88	\$ 40 560.00	\$ 00 474.66		\$ 55 107.55
2031	\$ 13 600.35	\$ 39 120.00	\$ 00 474.66		\$ 53 195.01
2032	\$ 14 014.12	\$ 40 320.00	\$ 00 474.66		\$ 54 808.78
2033	\$ 14 249.18	\$ 41 280.00	\$ 00 474.66		\$ 56 003.84
2034	\$ 14 721.71	\$ 42 720.00	\$ 00 474.66		\$ 57 916.37
2035	\$ 15 046.12	\$ 43 920.00	\$ 00 474.66		\$ 59 440.79
2036	\$ 15 429.30	\$ 45 120.00	\$ 00 474.66		\$ 61 023.96
2037	\$ 15 812.48	\$ 46 560.00	\$ 00 474.66		\$ 62 847.14
2038	\$ 16 226.24	\$ 47 760.00	\$ 00 474.66		\$ 64 460.91
2039	\$ 17 051.37	\$ 50 640.00	\$ 00 474.66		\$ 68 166.03

Fuente: Paola Cepeda, 2019

9.2 Costos del proyecto (Egresos)

9.2.1 Costos de Mantenimiento Vial

La Conservación Vial es un proceso que involucra actividades de obras e instalaciones, que se realizan con carácter permanente o continuo en los tramos conformantes de una red vial. Para la ejecución de la conservación vial, se requiere tener una asignación presupuestal anual de recursos económicos, personal capacitado y utilizar máquinas y herramientas; cuyo costo se asigna en el presupuesto anual de la entidad competente de la gestión vial. (Manual de Carreteras y conservación vial, 2013, p. 33) **ANEXO N°16: Costos de Mantenimiento Vial – Análisis de precios unitarios (APU).** A continuación se detallan los valores de mantenimiento a obtenerse a lo largo de los 10 primeros años

Tabla 184 Primer Año De Operación – Mantenimiento Vial

no	Descripción	unidad	cantidad	p. unitario	no veces	total
1	limpieza de cunetas a mano	m3	597.36	4.95	1	\$2 955.61
2	limpieza de alcantarillas	m3	101.70	16.49	1	\$1 677.30
total :						\$4 632.91

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 185 Segundo Año De Operación – Mantenimiento Vial

no	Descripción	unidad	cantidad	p. unitario	no veces	total
1	limpieza de cunetas a mano	m3	597.36	4.95	1	\$2 955.61
2	limpieza de alcantarillas	m3	101.70	16.49	1	\$1 677.30
3	capa de sello de mortero asfáltico	m2	17 100.00	0.83	1	\$14 151.12
total :						\$18 784.03

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 186 Sexto Año De Operación – Mantenimiento Vial

no	Descripción	unidad	cantidad	p. unitario	no veces	total
1	limpieza de cunetas a mano	m3	597.36	4.95	1	\$2 955.61
2	limpieza de alcantarillas	m3	101.70	16.49	1	\$1 677.30
3	capa de sello de mortero asfáltico	m2	17 100.00	0.83	1	\$14 151.12
4	limpieza de derrumbes	m3	961.00	5.05	1	\$4 855.89
5	bacheo asfáltico	m3	100.00	200.67	1	\$20 066.54
total :						\$43 706.46

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Tabla 187 Décimo Año De Operación – Mantenimiento Vial

no	Descripción	unidad	cantidad	p. unitario	no veces	total
1	limpieza de cunetas a mano	m3	597.36	4.95	1	\$2 955.61
2	limpieza de alcantarillas	m3	101.70	16.49	1	\$1 677.30
3	limpieza de derrumbes	m3	961.00	5.05	1	\$4 855.89
4	fresado de pavimento asfáltico	m3	1 111.50	10.11	1	\$11 238.37
5	carpeta asfáltica 3"	m2	17 100.00	7.00	1	\$119 684.76
total :						\$140 411.92

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Los valores de mantenimiento vial se vuelven a repetir durante todo el periodo de diseño, hasta llegar a los 20 años de periodo de diseño.

Tabla 188 Costo De Mantenimiento Vial

Mantenimiento Vial Año Uno	\$4 632.91
Mantenimiento Vial Año Dos	\$18 784.03
Mantenimiento Vial Año Tres - Cinco	\$4 632.91
Mantenimiento Vial Año Seis	\$43 706.46
Mantenimiento Vial Año Siete - Nueve	\$4 632.91
Mantenimiento Vial Año Diez	\$140 411.92

Fuente: Paola Cepeda, 2019

9.2.2 Costos construcción del proyecto (Presupuesto)

El valor del costo de construcción fue establecido mediante las cantidades de obra obtenidas en cada capítulo de este documento, y analizadas a través de Precios utilizados realizados mediante el programa computacional Pro Excel 2015. **ANEXO N°17: Presupuesto vial – Análisis de precios unitarios (APU).**

Tabla 189 Síntesis Del Presupuesto Vial De Construcción

No	Descripción	Total
1	Obras Preliminares	\$ 1 572.07
2	Movimiento De Tierras	\$ 134 643.80
3	Calzada	\$ 367 011.86
4	Muros De Contención Ciclopeo	\$ 112 629.15
5	Muros De Contención Armado	\$ 168 760.64
6	Drenaje	\$ 327 115.71
7	Señalización	\$ 83 433.22
8	Comunicación Y Señalización Ambiental	\$ 3 048.56
9	Remediación Ambiental	\$ 3 461.55
10	Control De Contaminación Ambiental	\$ 1 492.62
11	Indemnizaciones	\$ 6 000.00
Total		\$ 1 344 362.66

Fuente: Paola Cepeda, 2019

9.3 Evaluación Económica y Financiera del Proyecto (indicadores financieros)

Para establecer la rentabilidad de un proyecto se deberán conocer los siguientes indicadores que reflejarán si el proyecto es o no viable, los cuales se describen a continuación:

9.3.1 VAN (Valor Actual Neto)

El valor actual neto, a través la aplicación de una tasa de descuento, permite sumar valores que se originan en distintos momentos del tiempo, trasladándolos al momento inicial del proyecto. (Ministerio de Desarrollo Social, 2013, p. 11).

El proyecto será aprobado siguiendo el siguiente criterio de selección.

- Si el VAN es mayor que 0, el proyecto es conveniente
- Si el VAN es igual a 0, el proyecto es indiferente
- Si el VAN es menor que 0, el proyecto no es conveniente

La fórmula para el cálculo del VAN es la siguiente:

$$V.A.N. = \sum FNE - Inversión$$

$$V.A.N. = \sum \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad \text{Ec. 54}$$

Dónde:

k = tasa mínima de aceptación (TMAR)

V_t = Representa los flujos de caja en cada periodo t.

I₀ = Es el valor del desembolso inicial de la inversión.

n = Es el número de periodos considerado.

FNE = Flujo Netos efectivos

El valor de k se la obtiene en base al año y fecha de evaluación del proyecto (Abril 2019), la cual fue obtenida en la página del banco Central del Ecuador obteniendo los siguientes resultados:

$$k = \text{Tasa pasiva} + \text{EMBI (riesgo País)} = 11.50\%$$

$$\text{Tasa pasiva} = 5.84 \%$$

$$\text{EMBI (riesgo País)} = 5.66\%$$

Tabla 190 Determinación Del Van Del Proyecto

Años	Ingresos	Egresos	Flujo Neto	Factor	$\sum \frac{V_t}{(1+k)^t}$	Van Acumulado
	A	B	A-B	(1+K)^T		
0	0	-1344362.66	-1344362.66	1.00	-1344362.66	-\$ 1 344 362.66
1	\$ 1 288 323.04	-4632.91	1283690.13	1.12	1142073.07	-\$ 202 289.59
2	\$ 62 757.82	-18784.03	43973.79	1.26	34806.58	-\$ 167 483.01
3	\$ 41 180.58	-4632.91	36547.67	1.42	25737.17	-\$ 141 745.85
4	\$ 42 702.25	-4632.91	38069.34	1.60	23851.19	-\$ 117 894.65
5	\$ 68 620.42	-4632.91	63987.51	1.79	35666.76	-\$ 82 227.90
6	\$ 71 163.59	-43706.46	27457.13	2.02	13616.24	-\$ 68 611.65
7	\$ 47 876.13	-4632.91	43243.22	2.27	19078.92	-\$ 49 532.73
8	\$ 48 174.89	-4632.91	43541.98	2.55	17091.40	-\$ 32 441.33
9	\$ 50 087.42	-4632.91	45454.51	2.86	15873.77	-\$ 16 567.55
10	\$ 51 371.84	-140411.92	-89040.08	3.22	-27664.48	-\$ 44 232.03
11	\$ 53 195.01	-4632.91	48562.11	3.62	13423.57	-\$ 30 808.46
12	\$ 55 107.55	-18784.03	36323.51	4.07	8932.89	-\$ 21 875.56
13	\$ 53 195.01	-4632.91	48562.11	4.57	10625.16	-\$ 11 250.40
14	\$ 54 808.78	-4632.91	50175.87	5.14	9767.12	-\$ 1 483.28
15	\$ 56 003.84	-4632.91	51370.93	5.77	8896.57	\$ 7 413.29
16	\$ 57 916.37	-43706.46	14209.91	6.49	2189.43	\$ 9 602.72
17	\$ 59 440.79	-4632.91	54807.88	7.30	7513.04	\$ 17 115.76
18	\$ 61 023.96	-4632.91	56391.05	8.20	6877.28	\$ 23 993.03
19	\$ 62 847.14	-4632.91	58214.23	9.22	6316.39	\$ 30 309.43
20	\$ 64 460.91	-140411.92	-75951.01	10.36	-7331.74	\$ 22 977.68

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Debido a que los flujos efectivos o ingresos proyectados a los 20 años logran cubrir el valor de la inversión obtenemos un VAN positivo de \$ 22 977.68, lo que nos indica que el proyecto es económicamente rentable.

9.3.2 TIR (Tasa Interna de Retorno)

La TIR es un indicador complementario al VAN, y mide la rentabilidad promedio que entrega el proyecto, periodo a periodo. Matemáticamente, la TIR corresponde a aquella tasa de descuento que hace el valor actual neto igual a 0, según muestra la siguiente fórmula: (Ministerio de Desarrollo Social, 2013, p. 11)

$$V.A.N. = 0 = \sum \frac{V_t}{(1+TIR)^t} - I_0 \quad \text{EC. 55}$$

El criterio de decisión para la toma de decisión, indica lo siguiente:

- Si la TIR es mayor que la tasa de descuento “r”, el proyecto es conveniente
- Si la TIR es igual a la tasa de descuento “r”, el proyecto es indiferente
- Si la TIR es menor que la tasa de descuento “r”, el proyecto no es conveniente

Tabla 191 Determinación Del Tir Del Proyecto

Años	Ingresos	Egresos	Flujo Neto	Factor	$\sum \frac{V_t}{(1+k)^t}$	Van Acumulado
	A	B	A-B	(1+i)^t		
0	0	-1344362.66	-1344362.66	1.00	-1344362.66	-\$ 1 344 362.66
1	\$ 1 288 323.04	-4632.91	1283690.13	1.13	1132150.62	-\$ 212 212.04
2	\$ 62 757.82	-18784.03	43973.79	1.29	34204.40	-\$ 178 007.65
3	\$ 41 180.58	-4632.91	36547.67	1.46	25072.16	-\$ 152 935.49
4	\$ 42 702.25	-4632.91	38069.34	1.65	23033.04	-\$ 129 902.45
5	\$ 68 620.42	-4632.91	63987.51	1.87	34144.06	-\$ 95 758.39
6	\$ 71 163.59	-43706.46	27457.13	2.12	12921.69	-\$ 82 836.70
7	\$ 47 876.13	-4632.91	43243.22	2.41	17948.41	-\$ 64 888.29
8	\$ 48 174.89	-4632.91	43541.98	2.73	15938.97	-\$ 48 949.32
9	\$ 50 087.42	-4632.91	45454.51	3.10	14674.83	-\$ 34 274.49
10	\$ 51 371.84	-140411.92	-89040.08	3.51	-25352.78	-\$ 59 627.27
11	\$ 53 195.01	-4632.91	48562.11	3.98	12194.99	-\$ 47 432.28
12	\$ 55 107.55	-18784.03	36323.51	4.52	8044.81	-\$ 39 387.46
13	\$ 53 195.01	-4632.91	48562.11	5.12	9485.70	-\$ 29 901.76
14	\$ 54 808.78	-4632.91	50175.87	5.80	8643.92	-\$ 21 257.84
15	\$ 56 003.84	-4632.91	51370.93	6.58	7805.08	-\$ 13 452.75
16	\$ 57 916.37	-43706.46	14209.91	7.46	1904.12	-\$ 11 548.63
17	\$ 59 440.79	-4632.91	54807.88	8.46	6477.26	-\$ 5 071.37
18	\$ 61 023.96	-4632.91	56391.05	9.59	5877.63	\$ 0 806.26
19	\$ 62 847.14	-4632.91	58214.23	10.88	5351.37	\$ 6 157.63
20	\$ 64 460.91	-140411.92	-75951.01	12.33	-6157.63	\$ 0 000.00

Fuente: Paola Cepeda, 2019

Del análisis realizado da como resultado un valor de TIR del 13.85%, y en base a los parámetros para la toma de decisión se acepta el proyecto como factible económica y técnicamente.

$$TIR > TMAR (k)$$

$$13.85\% > 11.50\% \text{ Proyecto Aceptable}$$

9.3.3 Determinación de Beneficio-Costo B/C del proyecto

Representa la rentabilidad de ejecución del proyecto en base a la comparación entre los costos y beneficios. Para la determinación de este indicador de rentabilidad se sigue la siguiente fórmula:

$$B/C = \frac{VAN \text{ INGRESOS}}{VAN \text{ COSTOS/GASTOS BRUTOS}} \quad \text{EC. 56}$$

Dónde:

VAN Ingresos Brutos: Valor actual neto de los ingresos /Beneficios

VAN Costos/gastos brutos: Valor actual neto de los costos/gastos

A partir de la ecuación anterior se establece los siguientes criterios de toma de decisión:

- Si la B/C es mayor a 1, proyecto financieramente favorable
- Si la B/C es igual a 1, proyecto financieramente indiferente
- Si la B/C es mayor a 1, proyecto financieramente rechazado

Tabla 192 Obtención Del Beneficio / Costo Del Proyecto

Años	Ingresos	Egresos	Factor	Va Ingresos	Va Egresos
	A	B	(1+K)^T		
0	0	-1344362.66	1.00		-\$ 1 344 362.66
1	\$ 1 288 323.04	-4632.91	1.12	\$ 1 146 194.88	-\$ 4 121.81
2	\$ 62 757.82	-18784.03	1.26	\$ 49 674.70	-\$ 14 868.12
3	\$ 41 180.58	-4632.91	1.42	\$ 28 999.70	-\$ 3 262.53
4	\$ 42 702.25	-4632.91	1.60	\$ 26 753.80	-\$ 2 902.61
5	\$ 68 620.42	-4632.91	1.79	\$ 38 249.15	-\$ 2 582.39
6	\$ 71 163.59	-43706.46	2.02	\$ 35 290.68	-\$ 21 674.43
7	\$ 47 876.13	-4632.91	2.27	\$ 21 122.96	-\$ 2 044.04
8	\$ 48 174.89	-4632.91	2.55	\$ 18 909.94	-\$ 1 818.54
9	\$ 50 087.42	-4632.91	2.86	\$ 17 491.69	-\$ 1 617.92
10	\$ 51 371.84	-140411.92	3.22	\$ 15 961.07	-\$ 43 625.54
11	\$ 53 195.01	-4632.91	3.62	\$ 14 704.20	-\$ 1 280.63
12	\$ 55 107.55	-18784.03	4.07	\$ 13 552.37	-\$ 4 619.48
13	\$ 53 195.01	-4632.91	4.57	\$ 11 638.82	-\$ 1 013.66
14	\$ 54 808.78	-4632.91	5.14	\$ 10 668.95	-\$ 0 901.83
15	\$ 56 003.84	-4632.91	5.77	\$ 9 698.91	-\$ 0 802.34
16	\$ 57 916.37	-43706.46	6.49	\$ 8 923.61	-\$ 6 734.18

Años	Ingresos	Egresos	Factor	Va Ingresos	Va Egresos
	A	B	$(1+K)^T$		
17	\$ 59 440.79	-4632.91	7.30	\$ 8 148.12	-\$ 0 635.08
18	\$ 61 023.96	-4632.91	8.20	\$ 7 442.29	-\$ 0 565.02
19	\$ 62 847.14	-4632.91	9.22	\$ 6 819.08	-\$ 0 502.68
20	\$ 64 460.91	-140411.92	10.36	\$ 6 222.58	-\$ 13 554.32
VALOR ACTUAL NETO				\$ 1 496 467.51	-\$ 1 473 489.8
BENEFICIO/COSTO (B/C)				1.02	

Fuente: Paola Cepeda, 2019

El análisis del beneficio/costo arroja un valor de 1.02, llegándose a determinar un proyecto financieramente rentable ($B/C > 1.0$)

CAPITULO X

10 Presupuesto

Es el cálculo anticipado total económico de los costos directos e indirectos del actual proyecto vial incluyendo todos los rubros que intervienen en el mismo, el presupuesto es aproximado, sus previsiones se acercaran en mayor o menor valor al costo real de la obra, además es único, como lo es cada obra, sus condiciones de localización, clima y mano de obra son específicos para cada proyecto; el presupuesto es temporal, los costos que se establecen sólo son válidos mientras tengan vigencia los precios que sirvieron de base para su elaboración sirviendo así como herramienta de control, correlacionando la ejecución presupuestal con el avance físico. (ROJAS, 2011)

Son necesarios los planos, las especificaciones técnicas y las condiciones de ejecución, para elaborar los cálculos de la obra a ejecutar, además el análisis de precios unitarios de los rubros, se establecen los valores parciales de los capítulos, y así obtener el valor total de la obra, para la elaboración del presupuesto se utilizó el programa PROEXCEL.

A continuación se presenta el presupuesto para el proyecto vial “Mulligua – San Juan Siles”:

Tabla 193 Presupuesto Del Proyecto Vial

PRESUPUESTO						
APU	RUBRO No	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL
1		OBRAS PRELIMINARES				1591.05
1	302 - 1	Desbroce, desbosque y limpieza	Ha	2.11	313.13	660.40
2	706 - 1	Reubicación de postes	u	3.00	310.22	930.66
2		MOVIMIENTO DE TIERRAS				134112.20
3	303 - 2.01.2.4	Excavación en suelo	m3	31121.31	2.70	84043.11
4	309 - 2 (2)	Transporte de material de excavación hacia escombreras (Transporte libre 500 m.)	m3/Km	53783.52	0.27	14641.52
5	310 - 1	Escombreras	m3	29879.73	1.19	35427.57
3		CALZADA				353874.43
6	308 - 2 (2)	Acabado de la obra básica existente	m2	2109.00	0.69	1462.05
7	309 - 2 (2)	Transporte de Base Clase IV (Cantera La Ercilla)	m3/Km	154847.00	0.27	42154.10
8	404 - 1	Base Clase IV	m3	2815.40	18.95	53352.41
9	405 - 1 (1)	Asfalto diluido para imprimación MC 30 (1 lt/m2)	lt/m2	17100.00	0.84	14292.74
10	405 - (5)	Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta de 8.00 cm. de espesor	m2	17100.00	14.19	242613.12
4		MUROS DE CONTENCIÓN CICLOPEO				135117.24
11	307 - 2 (1)	Excavación y relleno de obras de arte menor	m3	750.75	5.92	4444.78
12	503 - 4 .02.1.2	Replanto de HS f'c = 140 kg/cm2	m3	28.88	192.72	5565.76
13	504 (1)	Hormigón ciclópeo	m3	750.75	165.32	124116.10
14	606 - 2 (1)	Tubería PVC 4" para drenaje	m	165.00	6.00	990.61
5		MUROS DE CONTENCIÓN ARMADO				181560.34
15	307 - 2 (1)	Excavación y relleno de obras de arte menor	m3	315.00	5.92	1864.94
16	503-4.02.1.2	Replanto de HS f'c = 140 kg/cm2	m3	18.68	159.96	2987.18
17	504(1)	Acero refuerzo para muro hormigón armado 5.0m de altura (fy=4200 kg/cm2)	Kg	35010.90	2.27	79569.98
18	503 (2)	Hormigón premezclado para muro de 5.00m de altura (f'c=210 kg/cm2)	m3	351.90	272.09	95749.19
19	606-2(1)	Tubería PVC 4" para drenaje	m	225.00	6.17	1389.04
6		DRENAJE				378846.89
20	301 - 3 (1)	Remoción de estructuras de hormigón	m3	64.00	33.01	2112.75
21	307 - 2 (1)	Excavación y relleno de obras de arte menor	m3	154.00	5.92	911.75
22	307 - 3 (1)	Excavación para cunetas laterales	m3	3464.80	4.34	15033.65
23	307 - 3 (1)	Excavación para subdrenes longitudinales	m3	2565.00	4.34	11129.45
24	307 - 2 (1)	Excavación y relleno de obras de arte menor	m3	138.44	5.92	819.63
25	606 - 1 (2)	Material filtrante para subdrenes longitudinales	m3	2194.50	17.31	37977.44

APU	RUBRO No	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL
26	606 -1 (1b)	Geotextil para subdrenes longitudinales NT 2000	m2	12996.00	3.48	45211.55
27	602 - (2A)	Suministro y colocación tubería metálica, D=1.20 m E 3mm	m	52.00	271.79	14133.01
28	601 - (2A)	Suministro y colocación tubería metálica, D=1.50 m E 3mm	m	38.00	406.68	15453.88
29	604-(1A)	Suministro y colocación tubería PVC perforada, D=110 mm	m	2845.00	8.61	24484.41
30	503 (2)	Hormigón estructural, Clase B, f'c=210 kg/cm2	m3	52.50	267.80	14059.50
31	503 (3)	Hormigón estructural, Clase C, f'c=210 kg/cm2	m3	627.00	192.66	120795.41
32	503 (2)	Hormigón estructural, Clase C, f'c=140 kg/cm2	m3	2.80	176.44	494.04
33	504 (1)	Acero de refuerzo en barras, fy=4.200 kg/cm2	kg	4805.85	2.27	10922.35
34	511 -1 (1)	Escollera de piedra suelta	m3	52.94	26.28	1391.24
35	504 (1)	Acero de refuerzo en barras, fy=4.200 kg/cm2 (Ducto cajón)	kg	13047.39	2.27	29653.07
36	806-1.03	Cinta de PVC, L=40 cm, con sello de material bituminoso	m	17.80	27.42	488.01
37	503 (2)	Hormigón estructural, Clase B, f'c=240 kg/cm2	m3	120.99	279.16	33775.77
7		SEÑALIZACIÓN				144048.56
38	708 -5 (1)	Letreros de 1.80m x 0.60 m.	u	4.00	333.88	1335.53
39	708 -5 (1)	Letreros de 0,45m x 0,60m	u	6.00	175.02	1050.10
40	708 -5 (1)	Letreros de 0,60m x 0,60m	u	122.00	191.05	23308.53
41	709 - 4	Delineadores de curva horizontal tipo CHEVRON (0.75X0.90)m	u	163.00	199.23	32474.15
42	705 - (1)	Marca de pavimento continua (pintura tipo tráfico e=15cm en el eje de la vía, curvas y laterales)	m	5680.00	0.83	4692.42
43	705 - (4b)	Marca de pavimento sobresalidas (MPS) cada 12 m. Bidireccionales en el eje	u	236.67	5.66	1339.07
44	829 - 3	Guardacaminos viga metálica doble	m	255.00	313.13	79848.77
8		COMUNICACIÓN Y SEÑALIZACIÓN AMBIENTAL				3054.53
45	220 - (1)	Afiches y Folletos - (Material impreso con información ambiental)	u	100.00	4.09	409.22
46	220 - (5)	Comunicados radiales	u	100.00	20.40	2040.00
47	220 - (2)	Charlas de concientización	u	2.00	302.66	605.31
9		REMEDIACIÓN AMBIENTAL				3462.31
48	205 - (1)	Agua para control de polvo	m3	73.82	2.87	212.13
49	206 - (1)	Área Sembrada - (Revegetación)	m2	1710.00	1.68	2866.82
50	206 - (2)	Área Plantada (Árboles y arbustos)	u	200.00	1.92	383.36
10		CONTROL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL				1495.10
51	201 - (1)	Trampa de grasas y aceites	u	1.00	282.73	282.73
52	201 - (1)	Letrina móvil	u	1.00	1212.37	1212.37
11		INDEMNIZACIONES				7200.00
53	E1	Afectaciones propietarios	Ha	0.60	12000.00	7200.00
		TOTAL:				1344362.66

Son: Un millón trecientos cuarenta y cuatro mil trescientos sesenta y dos dólares con sesenta y seis centavos

Fuente: Paola Cepeda, 2019

10.1 Análisis Precios Unitarios (A.P.U.)

Es el valor monetario de una actividad o rubro por unidad de medida escogida, cada uno incluye un costo directo del precio unitario de cada ítem incluye todos los costos en que se incurre para realizar cada actividad mientras que los costos indirectos son aquellos gastos que no son fácilmente cuantificables como para ser cobrados directamente al cliente. (MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA, 2008). El Análisis de precios Unitarios se lo realizó en el programa PROEXCEL, para el actual proyecto vial se utilizó en costos indirectos un 5 % para gastos de planeación y un 15 % como utilidad del proyecto, dando como resultado un valor de 20% de costo indirecto.

ANEXO N°17: Presupuesto - Análisis de Precios Unitarios

10.2 Fórmula Polinómica

La siguiente fórmula es para el reajuste de precios del actual proyecto vial es decir es el valor adicional al precio inicial que se produce por el incremento de costos en los insumos necesarios para esta obra en el transcurso del tiempo. (MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA, 2008)

Tabla 194 Fórmula Polinómica Para El Reajuste De Precios Del Actual Proyecto Vial

FÓRMULA POLINÓMICA PARA EL REAJUSTE DE PRECIOS		
PROYECTO: VÍA MULLIGUA - SAN JUAN SILES		
$Pr = Po(0.184 B1/Bo + 0.242 C1/Co + 0.137 D1/Do + 0.087 E1/Eo + 0.069 F1/Fo + 0.058 G1/Go + 0.04 H1/Ho + 0.037 I1/Io + 0.029 J1/Jo + 0.026 K1/Ko + 0.091 X1/Xo)$		
Coefficientes y símbolos de esta fórmula		
PR = Valor reajustado del anticipo o de la planilla		
Po = Valor del anticipo o de la planilla calculada con cantidades de obra ejecutadas a los precios contractuales de contado la parte proporcional del anticipo, de haberlo pagado		
TÉRMINOS		
B	Mano de Obra	0.184
C	Materiales pétreos	0.242

FÓRMULA POLINÓMICA PARA EL REAJUSTE DE PRECIOS		
PROYECTO: VÍA MULLIGUA - SAN JUAN SILES		
D	Equipo y maquinaria de Construc. Vial	0.137
E	Productos geosintéticos	0.087
F	Repuestos para maquinaria de construcción	0.069
G	Cemento Portland	0.058
H	Acero en barras	0.040
I	Betún petróleo (Asfalto) (O)	0.037
J	Tubos y Acc. de hierro o acero (I)	0.029
K	Combustibles (Mezcla 5% gasolina extra; y 95% Diesel)	0.026
X	Otros componentes no principales	0.091
		1.000
CUADRILLA TIPO		
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1		0.269
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1 (GRUPO I)		0.075
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C2 (GRUPO II)		0.022
ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2		0.062
ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2		0.572
		1

Fuente: Paola Cepeda, 2019

10.3 Cronograma Valorado del Proyecto

Se lo realizo con el software PROEXCEL el cual contiene la programación de cada uno de los rubros establecidos en el presupuesto con su respectiva valoración mensual, con un tiempo de ejecución de 10 meses, esto permite que el fiscalizador pueda establecer un calendario de inversión contralado mes a mes.

ANEXO N°18: Cronograma Valorado del Proyecto

Gráfico 100 Cronograma Valorado del proyecto

CRONOGRAMA VÍA MULLIGUA - SANJUAN SILES																
NÚMERO	RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10
1		OBRAS PRELIMINARES			0.00	1591.05										
	302 -1	Desbroce, desbosque y limpieza	Ha	2.11	313.13	660.40	330.20 1.05 50.00	330.20 1.05 50.00								
	706 -1	Reubicación de postes	u	3.00	310.22	930.66	465.33 1.50 50.00	465.33 1.50 50.00								
2		MOVIMIENTO DE TIERRAS			0.00	134112.20										
	303 - 2.01.2.4	Excavación en suelo	m3	31121.31	2.70	84043.11		21010.78 7780.33 25.00	21010.78 7780.33 25.00	21010.78 7780.33 25.00	21010.78 7780.33 25.00					
	309 - 2 (2)	Transporte de material de excavación hacia escombreras (Transporte libre 500 m.)	m3/Km	53783.52	0.27	14641.52		3660.38 13445.88 25.00	3660.38 13445.88 25.00	3660.38 13445.88 25.00	3660.38 13445.88 25.00					
	310 - 1	Escombreras	m3	29879.73	1.19	35427.57		8856.89 7469.93 25.00	8856.89 7469.93 25.00	8856.89 7469.93 25.00	8856.89 7469.93 25.00					
3		CALZADA			0.00	353874.43										
	308 - 2 (2)	Acabado de la obra básica existente	m2	2109.00	0.69	1462.05			365.51 527.25 25.00	365.51 527.25 25.00	365.51 527.25 25.00	365.51 527.25 25.00				
	309 - 2 (2)	Transporte de Base Clase IV (Cantera La Ercilla)	m3/Km	154847.00	0.27	42154.10				10538.52 38711.75 25.00	10538.52 38711.75 25.00	10538.52 38711.75 25.00	10538.52 38711.75 25.00			
	403 - 1	Base Clase IV	m3	2815.40	18.95	53352.41				13338.10 703.85 25.00	13338.10 703.85 25.00	13338.10 703.85 25.00	13338.10 703.85 25.00			
	405 - 1 (1)	Asfalto diluido para imprimación MC 30 (1 lt/m2)	lt	17100.00	0.84	14292.74						3573.19 4275.00 25.00	3573.19 4275.00 25.00	3573.19 4275.00 25.00	3573.19 4275.00 25.00	
	405 - (5)	Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta de 8.00 cm. de espesor	m2	17100.00	14.19	242613.12						60653.28 4275.00 25.00	60653.28 4275.00 25.00	60653.28 4275.00 25.00	60653.28 4275.00 25.00	
4		MUROS DE CONTENCIÓN CICLOPEO			0.00	135117.24										
	307 - 2 (1)	Excavación y relleno de obras de arte menor	m3	750.75	5.92	4444.78	1111.20 187.69 25.00	1111.20 187.69 25.00	1111.20 187.69 25.00	1111.20 187.69 25.00						
	503 - 4 .02.1.2	Replantiillo de HS f' c = 140 kg/cm2	m3	28.88	192.72	5565.76		1391.44 7.22 25.00	1391.44 7.22 25.00	1391.44 7.22 25.00	1391.44 7.22 25.00					
	504 (1)	Hormigón ciclópeo	m3	750.75	165.32	124116.10			31029.03 187.69 25.00	31029.03 187.69 25.00	31029.03 187.69 25.00	31029.03 187.69 25.00				
	606 - 2 (1)	Tubería PVC 4" para drenaje	m	165.00	6.00	990.61			247.65 41.25 25.00	247.65 41.25 25.00	247.65 41.25 25.00	247.65 41.25 25.00				

5		MUROS DE CONTENCIÓN ARMADO			0.00	181560.34													
	307 - 2 (1)	Excavación y relleno de obras de arte menor	m3	315.00	5.92	1864.94		466.24	466.24	466.24	466.24								
								78.75	78.75	78.75	78.75								
								25.00	25.00	25.00	25.00								
	503-4.02.1.2	Replantillo de HS f'c = 140 kg/cm2	m3	18.68	159.96	2987.18			746.80	746.80	746.80	746.80							
									4.67	4.67	4.67	4.67							
									25.00	25.00	25.00	25.00							
	504(1)	Acero refuerzo para muro hormigón armado 5.0m de altura (fy=4200 kg/cm2)	Kg	35010.90	2.27	79569.98				19892.50	19892.50	19892.50	19892.50						
										8752.73	8752.73	8752.73	8752.73						
										25.00	25.00	25.00	25.00						
	503 (2)	Hormigón premezclado para muro de 5.0m de altura (f'c=210 kg/cm2)	m3	351.90	272.09	95749.19			23937.30	23937.30	23937.30	23937.30							
									87.98	87.98	87.98	87.98							
									25.00	25.00	25.00	25.00							
	606-2(1)	Tubería PVC 4" para drenaje	m	225.00	6.17	1389.04				347.26	347.26	347.26	347.26						
										56.25	56.25	56.25	56.25						
										25.00	25.00	25.00	25.00						
6		DRENAJE			0.00	378846.89													
	301 - 3 (1)	Remoción de estructuras de hormigón	m3	64.00	33.01	2112.75	1056.37	1056.37											
							32.00	32.00											
							50.00	50.00											
	307 - 2 (1)	Excavación y relleno de obras de arte menor	m3	154.00	5.92	911.75		227.94	227.94	227.94	227.94								
								38.50	38.50	38.50	38.50								
								25.00	25.00	25.00	25.00								
	307 - 3 (1)	Excavación para cunetas laterales	m3	3464.80	4.34	15033.65		3006.73	3006.73	3006.73	3006.73	3006.73							
								692.96	692.96	692.96	692.96	692.96							
								20.00	20.00	20.00	20.00	20.00							
	307 - 3 (1)	Excavación para subdrenes longitudinales	m3	2565.00	4.34	11129.45		2225.89	2225.89	2225.89	2225.89	2225.89							
								513.00	513.00	513.00	513.00	513.00							
								20.00	20.00	20.00	20.00	20.00							
	307 - 2 (1)	Excavación y relleno de obras de arte menor	m3	138.44	5.92	819.63		163.93	163.93	163.93	163.93	163.93							
								27.69	27.69	27.69	27.69	27.69							
								20.00	20.00	20.00	20.00	20.00							
	606 - 1 (2)	Material filtrante para subdrenes longitudinales	m3	2194.50	17.31	37977.44		7595.49	7595.49	7595.49	7595.49	7595.49							
								438.90	438.90	438.90	438.90	438.90							
								20.00	20.00	20.00	20.00	20.00							
	606 - 1 (1b)	Geotextil para subdrenes longitudinales NT 2000	m2	12996.00	3.48	45211.55		9042.31	9042.31	9042.31	9042.31	9042.31							
								2599.20	2599.20	2599.20	2599.20	2599.20							
								20.00	20.00	20.00	20.00	20.00							
	602 - (2A)	Suministro y colocación tubería metálica, D=1.20 m E 2mm	m	52.00	271.79	14133.01		2826.60	2826.60	2826.60	2826.60	2826.60							
								10.40	10.40	10.40	10.40	10.40							
								20.00	20.00	20.00	20.00	20.00							
	602-(2A)b	Suministro y colocación tubería metálica, D=1.50 m E 3mm	m	38.00	406.68	15453.88		3090.78	3090.78	3090.78	3090.78	3090.78							
								7.60	7.60	7.60	7.60	7.60							
								20.00	20.00	20.00	20.00	20.00							

606 -1 (3a)	Suministro y colocación tubería PVC perforada, D=110 mm	m	2845.00	8.61	24484.41		4896.88	4896.88	4896.88	4896.88	4896.88			
							569.00	569.00	569.00	569.00	569.00			
							20.00	20.00	20.00	20.00	20.00			
503 (2)	Hormigón estructural, Clase B, f'c=210 kg/cm2	m3	52.50	267.80	14059.50		2811.90	2811.90	2811.90	2811.90	2811.90			
							10.50	10.50	10.50	10.50	10.50			
							20.00	20.00	20.00	20.00	20.00			
503 (3)	Hormigón estructural, Clase C, f'c=210 kg/cm2	m3	627.00	192.66	120795.41		24159.08	24159.08	24159.08	24159.08	24159.08			
							125.40	125.40	125.40	125.40	125.40			
							20.00	20.00	20.00	20.00	20.00			
503 (2)	Hormigón estructural, Clase C, f'c=140 kg/cm2	m3	2.80	176.44	494.04		98.81	98.81	98.81	98.81	98.81			
							0.56	0.56	0.56	0.56	0.56			
							20.00	20.00	20.00	20.00	20.00			
504 (1)	Acero de refuerzo en barras, fy=4.200 kg/cm2	kg	4805.85	2.27	10922.35		2184.47	2184.47	2184.47	2184.47	2184.47			
							961.17	961.17	961.17	961.17	961.17			
							20.00	20.00	20.00	20.00	20.00			
511 -1 (1)	Escollera de piedra suelta	m3	52.94	26.28	1391.24		278.25	278.25	278.25	278.25	278.25			
							10.59	10.59	10.59	10.59	10.59			
							20.00	20.00	20.00	20.00	20.00			
504 (1)	Acero de refuerzo en barras, fy=4.200 kg/cm2 (Ducto cajón)	kg	13047.39	2.27	29653.07		5930.61	5930.61	5930.61	5930.61	5930.61			
							2609.48	2609.48	2609.48	2609.48	2609.48			
							20.00	20.00	20.00	20.00	20.00			
806-1.03	Cinta de PVC, L=40 cm, con sello de material bituminoso	m	17.80	27.42	488.01		97.60	97.60	97.60	97.60	97.60			
							3.56	3.56	3.56	3.56	3.56			
							20.00	20.00	20.00	20.00	20.00			
503 (2)	Hormigón estructural, Clase B, f'c=240 kg/cm2	m3	120.99	279.16	33775.77		6755.15	6755.15	6755.15	6755.15	6755.15			
							24.20	24.20	24.20	24.20	24.20			
							20.00	20.00	20.00	20.00	20.00			
	SEÑALIZACIÓN			0.00	144048.56									
708 -5 (1)	Letreros de 1.80m x 0.60 m.	u	4.00	333.88	1335.53								667.76	667.76
													2.00	2.00
													50.00	50.00
708 -5 (1)	Letreros de 0,45m x 0,60m	u	6.00	175.02	1050.10								525.05	525.05
													3.00	3.00
													50.00	50.00
708 -5 (1)	Letreros de 0,60m x 0,60m	u	122.00	191.05	23308.53								11654.26	11654.26
													61.00	61.00
													50.00	50.00
709 -4	Delineadores de curva horizontal tipo CHEVRON (0.75X0.90)m	u	163.00	199.23	32474.15								16237.07	16237.07
													81.50	81.50
													50.00	50.00

705 - (I)	Marca de pavimento continua (pintura tipo tráfico e=15cm en el eje de la vía, curvas y laterales)	m	5680.00	0.83	4692.42										2346.21	2346.21
															2840.00	2840.00
															50.00	50.00
705 - (4b)	Marca de pavimento sobresalidas (MPS) cada 12 m. Bidireccionales en el eje	u	236.67	5.66	1339.07										669.54	669.54
															118.33	118.33
															50.00	50.00
829 - 3	Guardacaminos viga metálica doble	u	255.00	313.13	79848.77										39924.38	39924.38
															127.50	127.50
															50.00	50.00
	COMUNICACIÓN Y SEÑALIZACIÓN AMBIENTAL			0.00	3054.53											
220 - (I)	Afiches y Folletos - (Material impreso con información ambiental)	u	100.00	4.09	409.22	40.92	40.92	40.92	40.92	40.92	40.92	40.92	40.92	40.92	40.92	40.92
						10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
						10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
220 - (5)	Comunicados radiales	u	100.00	20.40	2040.00	204.00	204.00	204.00	204.00	204.00	204.00	204.00	204.00	204.00	204.00	204.00
						10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
						10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
220 - (2)	Charlas de concientización	u	2.00	302.66	605.31	60.53	60.53	60.53	60.53	60.53	60.53	60.53	60.53	60.53	60.53	60.53
						0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
						10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
	REMEDIACIÓN AMBIENTAL			0.00	3462.31											
205 - (I)	Agua para control de polvo	m3	73.82	2.87	212.13	31.82	31.82	31.82	31.82	31.82	31.82	21.21				
						11.07	11.07	11.07	11.07	11.07	11.07	7.38				
						15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	10.00				
206 - (I)	Área Sembrada - (Revegetación)	m2	1710.00	1.68	2866.82										1433.41	1433.41
															855.00	855.00
															50.00	50.00
206 - (2)	Área Plantada (Arboles y arbustos)	u	200.00	1.92	383.36										191.68	191.68
															284.00	284.00
															50.00	50.00
	CONTROL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL			0.00	1495.10											
201 - (I)	Trampa de grasas y aceites	u	1.00	282.73	282.73	282.73										
						1.00										
						100.00										
201 - (I)	Letrina móvil	u	1.00	1212.37	1212.37	1212.37										
						1.00										
						100.00										
	INDEMNIZACIONES			0.00	7200.00											
E1	Afectaciones propietarios	Ha	0.60	12000.00	7200.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00
						0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
						10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
1344362.66																
MONTO PARCIAL						5515.47	114798.51	145335.60	213389.28	212278.08	240890.89	133326.81	65251.92	138901.29	74674.82	
PORCENTAJE PARCIAL						0.41	8.54	10.81	15.87	15.79	17.92	9.92	4.85	10.33	5.55	
MONTO ACUMULADO						5515.47	120313.98	265649.57	479038.85	691316.93	932207.82	1065534.63	1130786.55	1269687.84	1344362.66	
PORCENTAJE ACUMULADO						0.41	8.95	19.76	35.63	51.42	69.34	79.26	84.11	94.45	100.00	

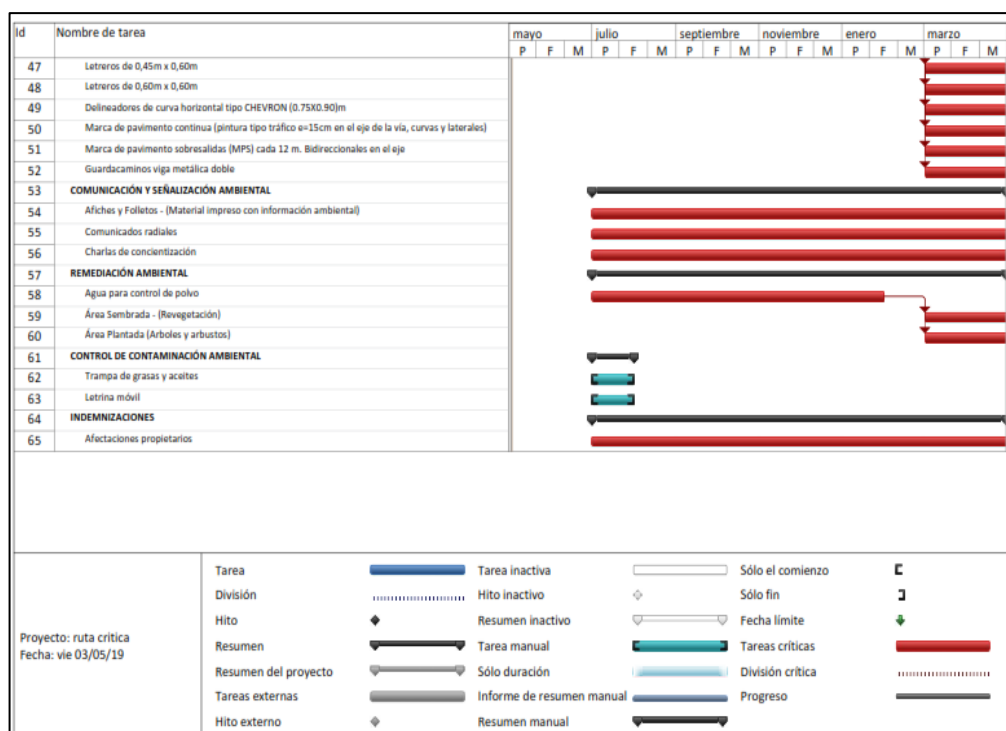
Fuente: Paola Cepeda, 2019

10.4 Ruta crítica.

Es un método para calcular en la planificación de un proyecto los tiempos necesarios y de esa forma optimizar los costos a partir de programar los rubros; se puede estimar la ruta crítica como una secuencia de actividades relacionadas entre sí que indica cuál es el plazo en el cual se puede desarrollar un proyecto. (MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA, 2008) Se realizó en software Microsoft Project.

Gráfico 101 Ruta Crítica Proyecto Vial “Mulligua – San Juan Siles”





Fuente: Paola Cepeda, 2019

10.5 Especificaciones Técnicas

Las especificaciones técnicas son los documentos en los cuales se definen las normas, exigencias y procedimientos a ser empleados y aplicados en todos los trabajos de construcción de obra, son muy importantes para definir la calidad de los trabajos en general y de los acabados en particular. (MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA, 2008). **ANEXO N°19: Especificaciones Técnicas del Proyecto**

CAPITULO XI

11 Conclusiones y recomendaciones

11.1 Conclusiones

- El estudio topográfico genera una superficie de 13.85 ha representada en una faja de la vía en estudio donde se desarrolla una topografía del tipo montañosa a escarpada con pendientes longitudinales naturales del 12 al 17%, una pendiente transversal en su mayor parte de más del 20% y con una altitud mínima de 1316.868 m.s.n.m. a una máxima de 1583.639 m.s.n.m.
- El tráfico promedio diario anual de la vía es de 168 vehículos para el año 2019, la predicción de tránsito para el año 2039 es de 270 vehículos con un número de ejes equivalentes de 543779, lo que incluye a la vía en la CLASE IV, denominado el proyecto según su clasificación funcional como un camino vecinal.
- El diseño geométrico de la vía cuya longitud es de 2.843 kilómetros muestra una sección transversal de 7.40 metros la cual está constituida de un ancho de calzada de 6.00 metros que comprende dos carriles de 3.00 cada uno, con una pendiente transversal del 2%, y el ancho de las cunetas de corte y relleno de 0.70 metros cada una; además con el diseño geométrico se obtiene un incremento de velocidad de 10 km/h a 20 km/h lo que reduce el tiempo de traslado entre comunidades.
- La mina seleccionada para la construcción de la estructura vial fue La Ercilla debido a que esta cantera cuenta con la licencia ambiental y que cumple con las debidas especificaciones técnicas para los agregados, además de ubicarse a 55.2km de distancia el eje centro de gravedad de la vía en estudio.

- El espesor de la estructura del pavimento flexible como resultado obtenido por el método de diseño AASHTO 93 para evitar el deterioro por el comportamiento de las cargas a existir sobre la vía obtenida es de 24.50 centímetros de los cuales: 8.00 cm es la carpeta asfáltica y 16.50 centímetros de base granular clase IV.
- La sección de las cunetas de hormigón en el diseño hidráulico longitudinal es triangular solo de una pendiente, con un calado de 30.00 centímetros y un borde libre de 5.00 centímetros; la pendiente longitudinal es la misma que del diseño geométrico de la vía, esta sección de cuneta cumple velocidad menor a máxima y mayor a la mínima permisible.
- El diseño hidráulico transversal del proyecto contiene 7 alcantarillas metálicas y un ducto cajón que será de hormigón armado, todas las alcantarillas cumplen con secciones parcialmente llenas menor al 80% diseñada con control de entrada y salida, además cumple velocidad menor a máxima y mayor a la mínima permisible.
- El proyecto vial presenta una tasa interna de retorno (TIR) del 14.33 % que comparado con la tasa mínima de aceptación de 11.50% para el mes de evaluación (Abril 2019) permite concluir que el como factible económica y técnicamente.
- El valor actual neto (VAN) es de \$43 981.03 positivo, debido a que los flujos efectivos o ingresos proyectados a los 20 años logran cubrir el valor de la inversión por lo que se determina que el proyecto es económicamente rentable.

11.2 Recomendaciones

- Terminada la construcción del pavimento, se recomienda que se debe prever una inspección anual del estado del mismo y la intervención a fin de reparar

baches y zonas donde el tratamiento superficial se deteriore a tal punto que sea necesario su reparación.

- Las entidades públicas del cantón correspondientes deben realizar un buen trabajo sobre educación vial en el cantón y respeto las señalética implantada en el actual proyecto contribuyendo a la disminución de accidentes de tránsito.
- Se deberá tener muy en cuenta el material de arrastre en el drenaje longitudinal que ha ocasionado, en algunos casos, el taponamiento parcial de las estructuras por lo cual se deberá contar por lo tanto con un mantenimiento periódico de las estructuras de drenaje.
- La explotación de los materiales se realizará a cielo abierto mediante el método de franqueo de bancos ascendentes por lo cual se recomienda, que se hagan stock de material para su utilización en la estructura del pavimento previa calificación y aprobación por fiscalización además obtener todos los permisos requeridos por las autoridades de control, para un normal desarrollo de actividades.
- Si se requiere verificar los taludes de corte y relleno se recomienda realizar un estudio de estabilidad con los ensayos necesarios para delimitar los diferentes tipos de materiales presentes en los taludes.
- El tiempo de construcción del proyecto vial se recomienda que no se realizarse en época lluviosa debido a que este factor impediría cumplir con el respectivo cronograma establecido.

BIBLIORAFÍA

AASHTO. (2001). *DESIGN OF PAVIMENT STRUCTURES*. WASHINTON DC:

American Association Of State Highway And Transportation Officials.

AASHTO, A. A. (1993). *DESIGN OF PAVIMENT STRUCTURES*. WASHINGTON

DC: American Association Of State Highway And Transportation Officials.

AMILCAR NOE RAMOS SOBRENARIS, 2. (2005). *Metodologías Matriciales De*

Evaluación Ambiental: Matriz De LEOPLD Y Método De MEL-ENEL.

GUATEMALA: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

ARTURO MORALES CASTRO, 2. (2009). *Evaluación y Formulación de Proyectos*

de Inversión. MEXICO, DF: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA

EDITORES, S.A. DE C.V.

ASTM D - 1883, .. (2006). *California bearing ratio (CBR)*. Peru: Primer taller de

mecanica de suelos.

ASTM D 1557, .. (2006). *Proctor modificado*. Peru: Primer taller de mecanica de

suelos.

ASTM D 2487 - 03, .. (2006). *ASTM D 2487 - 03, Clasificación de suelos SUCS*.

American Society of Testing Materials: American Society of Testing
Materials.

ASTM D 3282, .. (2006). *Clasificación de suelos (AASHTO)*. American Society of

Testing Materials: American Society of Testing Materials.

ASTM D-422-63, 2. (2009). *Método de Análisis del Tamaño de las Partuculas del*

Suelo. American Society of Testing Materials: American Society of Testing
Materials.

- ASTM D4318-84, 2. (2009). *Límite Líquido, Límite de plástico, y el índice de plasticidad de los suelos*. American Society of Testing Materials: American Society of Testing Materials.
- BRAJA M. DAS. (1999). *Principio de Ingeniería y Cimentaciones Cuarta Edición*. MÉXICO DC: INTERNATIONAL THOMSON EDITORES.
- BRAJA M. DAS. (1999). *Principio de Ingeniería y Cimentaciones Cuarta Edición*. México DC: International Thomson Editores.
- CARLOS GARZÓN, 2. (2012). *Diseño de Muros de Contención*. QUITO: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
- Carlos Hernando Higuera Sandoval, .. (2011). *Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras*. Tunja: Publicaciones de la Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia.
- COTÁN Santiago. (2007). *VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES*. Sevilla: INERCO.
- DIRECCION GENERAL DE CAMINOS, D. G. (2014). Manual de Carreteras. In M. D. COMUNICACIONES, *MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES* (p. 329). LIMA: MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES.
- DIRECCIÓN INFRAESTRUCTURA VIAL GADPE. (2018). *Terminos de Referencia*. ESMERALDAS: GOBIERNO AUTÓNOMO DESENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS.
- EL COMERCIO, D. T. (2018, 01 03). *DATA EL COMERCIO*. Retrieved from <https://www.elcomercio.com/datos/motos-matriculadas-crecieron-ecuador-transporte.html>

- El Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón, .. (2006). *Diseño de pavimento AASHTO 93*. La Paz: Escuela de caminos de montaña.
- EMAAP. (2009). *Norma de diseño de sistema de alcantarillado para la EMAAP-QUITO*. Bogota- Colombia.
- FABIANA VISCARRA AGREDA, 2. (2005). *El Cono Dinámico de Penetración y su Aplicación en la Evualuación de Suelos*. LA PAZ: UNIVERSIDAD PRIVADA BOLIVIANA.
- FUNDACION ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y TECNOLOGIA, 2. (2004). *Meteorologóa y Climatología*. BARCELONA: VILLENA ARTES GRÁFICAS.
- GABRIEL ENRIQUE BONETT SOLANO, .. (2014). *Guia de procesos constructivos de una via en pavimento flexible*. Bogota: Especializacion de pavimentos.
- GAD PARROQUIAL DE SAN GREGORIO, 2. (2018, 09 27). SAN GREGORIO, ESMERALDAS, ECUADOR.
- GARZÓN Carlos, .. (2012). *Diseño de Muros de Contención*. QUITO: Universidad Central del Ecuador.
- GERMÁN MANOSALVE, 1. (1995). *Hidrologóa en la Ingeniería*. SANTA FE - BOGOTA: TERCER MUNDO EDITORES.
- GUEVARA-MARTÍNEZ, F. (2015). *Análisi y Ejecución de Movimiento de Tierra Empleamdo el Diagrama de Curva de Masas*. LIMA: UNIVERSIDAD DE PIURA.
- GUTIÉRREZ Carlos, .. (2014). *Hidrología básica y aplicada*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.

- INEC, I. N. (2010, 07 30). *INCE Buenas Cifras, Mejores vidas*. Retrieved from <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>
- ING GUSTAVO CORREDOR M. (2005). *Experimento Vial de La AASTHO y Las Guías de Diseño*. LIMA: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA.
- ING. SILVIA MATTEIS, 2. (2003). *Estabilidad de Taludes*. SANTA FÉ: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ROSARIO.
- ING.BYRON OMAR MORALES, 2. (2012). *Metodología de Estabilización de Taludes de Carreteras*. QUITO: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.
- INHAMI, 2. (2018, 09 27). *INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA*. Retrieved from <http://www.serviciometeorologico.gob.ec>
- INIGEMM, 2. (2018, 09 10). *INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN GEOLÓGICO MINERO METALÚRGICO*. Retrieved from <https://www.geoinvestigacion.gob.ec/el-instituto/>
- INSTITUTO ESPACIAL ECUATORIANO, 2. (2018, 09 10). *Sistema Nacional de Información (SNI)*. Retrieved from <http://www.institutoespacial.gob.ec/#>
- JUAN DIEGO LEÓN PELÁEZ, 2. (2014). *Evaluación del Impacto Ambiental a Proyectos de Desarrollo*. LIMA: EDITORIAL UNIVERSITARIA.
- MANUAL DE CARRETERAS CONSERVACIÓN VIAL, .. (2013). *Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones*. LIMA: DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES.
- Manual de Carreteras y conservación vial, 2. (2013). *Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones*. LIMA: Dirección General de caminos y Ferrocarriles.

- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA, M. (2018, 08 22). *GEOPORTAL DEL AGRO ECUATORIANO*. Retrieved from <http://geoportal.agricultura.gob.ec/index.php>
- Ministerio de Desarrollo Social, .. (2013). *Metodología de Preparación y evaluación de Proyectos de Vialidad Intermedia*. Santiago de Chile: Gobierno de Chile.
- Ministerio de Desarrollo SocialL, 2. (2013). *Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos de Viabilidad Intermedia*. Santiago de Chile: Gobierno de Chile.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, M.-O.-F. (2002). *Especificaciones Generales para La Construcción de Caminos y Puentes*. QUITO: MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA, 2. (2008). *Manual para La Revisión de Costos y Presupuestos*. MANAGUA: MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VIAS INVIAS, 2. (2009). *Manual de Drenaje Para Carreteras*. BOGOTÁ: MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VIAS.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES PERU, 2. (2014). *Manual de Carreteras, Suelos - Geología-Geotecnia y Pavimentos*. LIMA: MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES.
- MOP-001-F. (2002). *Especificaciones Generales para La Construcción de Caminos y Puentes*. QUITO: MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES.
- MOP-001-F, .. (2002). *Especificaciones Generales para La Construcción de Caminos y Puentes*. Quito: Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.

- MOP-001-F, .. (2002). *Especificaciones Generales para La Construcción de Caminos y Puentes*. Quito: Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.
- MOP-001-F, 2. (2002). *Especificaciones Generales para La Construcción de Caminos y Puentes*. QUITO: MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES.
- MTOP. (2003). Normas de Diseño Geométrico de Carreteras. In M. T. PÚBLICAS, *NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS* (p. 26). QUITO: MINISTERIO TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS.
- Norma ASTM D 2216, .. (2017). *Norma ASTM D 2216*. Mexico: American Society of Testing Materials.
- NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS MOP, .. (2003). Normas de Diseño Geométrico de Carreteras. In M. D. PÚBLICAS. QUITO: MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS.
- NORMAS PARA SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL, 2. (2011). *Normas Para Señalización y Seguridad Vial*. ASUNCIÓN: MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES.
- PANGUA, G. A. (2018, 01 01). *Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Pangua*,. Retrieved 02 15, 2019, from Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Pangua,,: <https://pangua.gob.ec/index.php/jstuff/2015-04-09-14-22-02/pdot/category/6-documentos>
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pangua, .. (2018). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pangua*. Pangua: Gobierno Descentralizado Municipal del Cantón de Pangua.

PONTIFICA UNIVERSIDAD CATÓLICA. (2013). *Hidrología para estudiantes de Ingeniería civil*. Lima-Peru.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERU, 2. (2013). *Hidrología para Estudiantes de Ingeniería Civil*. LIMA: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERU.

REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-1, P. R. (2011). *Señalización Vial Parte 1. Señalización Vertical*. QUITO: INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.

REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-1, P. R. (2011). *Señalización Vial Parte 1. Señalización Vertical*. QUITO: INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.

REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-1, P. R. (2011). *Señalización Vial Parte 1. Señalización Vertical*. QUITO: INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.

REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-2, 2. (2011). *Señalización Vial Parte 2. Señalización Horizontal*. quito: INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.

REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 004-2, 2. (2011). *Señalización Vial Parte 2. Señalización Horizontal*. quito: INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.

RIVERA, J. R. (2011). *Evaluación del Espectro de Carga y Coeficientes de Daño en el Corredor Boyacá*. BOGOTA: RIVERA, JUAN RICARDO TRONCOSO;.

RODRIGO A. LEMOS, 1. (1999). *Drenaje Vial Superficial y Subterráneo*. CAUCA: DEPARTAMENTO DE HIDRAÚLICA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL.

- RODRÍGUEZ, A. R. (2017). *Espectro de Carga y Daño Para Diseño de Pavimentos*. Monterrey: Instituto de Mexico del Transporte.
- ROJAS, P. A. (2011). DISEÑO GEOMETRICO DE VÍAS. In P. A. ROJAS, *DISEÑO GEOMETRICO DE VÍAS* (p. 31). Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería.
- SUAREZ, J. (2019, 04 14). *www.erosion.com.co*. Retrieved 04 14, 2019, from *www.erosion.com.co*:
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiAxqrRzdHhAhXBqFkKHb2ODSYQFjAAegQIARAC&url=http%3A%2F%2Fwww.erosion.com.co%2Fpresentaciones%2Fcategory%2F46-tomo-ii.html%3Fdownload%3D458%3Alibrodeslizamientost2-cap3&usg=AOvVaw1E_
- UMSS, 2. (2012). *Manual Completo de Diseño de Pavimentos*. COCHABAMBA: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON.
- VEN TE CHOW, .. H. (1994). *Hidrología Aplicada*. BOGOTA: MARTHA EDNA SUAREZ R.
- VEN TE CHOW, H. A. (1994). *Hidrología Aplicada*. BOGOTA: MARTHA EDNA SUAREZ R.